

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

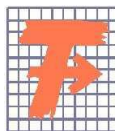
**Diplomová práce**

**LIBEREC 2012**

**Bc. KATEŘINA BERÁNKOVÁ**

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3106 Textilní inženýrství  
Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

### **Transportní jevy u sendvičových struktur oděvů**

### **Transport phenomena in sandwich structures clothing**

Bc. Kateřina Beránková

KOD/2012/06/11/MS

**Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.**

#### **Rozsah práce:**

Počet stran textu. 119

Počet obrázků..... 67

Počet tabulek..... 40

Počet grafů .....17

Počet stran příloh ...4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Kateřina BERÁNKOVÁ  
Osobní číslo: T08000147  
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství  
Studijní obor: Textilní a oděvní technologie  
Název tématu: Transportní jevy u sendvičových struktur oděvů  
Zadávající katedra: Katedra oděvnictví

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši o transportních jevech u sendvičových struktur oděvů.
2. Navrhněte možnosti hodnocení transportních jevů pro přenos tepla a vlhkosti.
3. Proveďte měření na vybraném souboru sendvičových materiálů.
4. Vyhodnoťte daná měření.

## **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Antonínovi Havelkovi, CSc. za odborné vedení při jejím zpracování.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Rudolfovi Třešňákovi a Ing. Janu Palatovi za cenné rady při práci v laboratořích Technické univerzity v Liberci a poskytnutí důležitých informací potřebných pro tuto diplomovou práci.

Velké poděkování patří mé rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se věnuje aspektům, majícím vliv na komfort a diskomfort oděvů. Jelikož je práce zaměřena na sendvičové struktury oděvů pro sportovní použití s objasněním základních principů přestupu tepla a vlhkosti, je podrobněji popsáno vrstvení textilií a objasněn prostup tepla a vlhkosti oděvním materiálem směrem od organismu do okolního prostředí.

Dále se práce věnuje dosud dostupným způsobům hodnocení termofyziologického komfortu, z nichž jsou pro experiment této práce vybrány, v laboratořích Technické univerzity v Liberci, přístroje a zařízení pro měření prodyšnosti, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky.

Cílem práce je objasnění postupů jednotlivých měření, jejich vyhodnocení a porovnání klasických třívrstevných a softshellových sendvičových struktur, které jsou trendem dnešní doby a měly by pro nositele oděvu vykazovat příznivější vlastnosti.

## **Klíčová slova**

Oděv, termofyziologický komfort, prodyšnost, výparný odpor, paropropustnost, tepelný odpor, tloušťka.

## **Abstract**

This thesis deals with aspects affecting the comfort and discomfort of clothing. Since the work is focused on sandwich structures for sports clothing with an explanation of the basic principles of heat transfer and moisture is more fully described and illustrated by layering fabric heat transfer and moisture away from clothing material of the organism into the environment.

Further, a previously available methods of evaluation of thermophysical comfort from which to experiment this work selected in the laboratories of the Technical University in Liberec and apparatus for measuring permeability, evaporative resistance, permeability, thermal resistance and thickness.

The aim is to clarify the procedures of each measurement, evaluation and comparison of classical three-layer sandwich and softshell structures that are the trend today and should dress for the wearer to show favorable properties.

## **Keywords**

Clothes, thermophysical comfort, breathability and evaporative resistance, permeability, heat resistance, thickness.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Oděvní komfort .....</b>	<b>7</b>
2.1. Definice komfortu a diskomfortu. ....	7
2.2. Rozdělení komfortu. ....	7
2.3. Termofyziologický komfort. ....	7
2.4. Hodnocení termofyziologického komfortu.....	7
<b>3. Termoregulace lidského těla.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Soustava organismus – oděv – prostředí.....</b>	<b>9</b>
4.1. Organismus .....	9
4.2. Oděv.....	9
4.3. Prostředí.....	9
<b>5. Vrstvení textilií .....</b>	<b>10</b>
5.1. Popis funkčních vrstev sendvičové struktury oblečení.....	10
5.1.1. Pletenina.....	10
5.1.2. Tkanina .....	10
5.2. Vrstvy sportovního oděvu .....	11
5.2.1. První, spodní vrstva oděvu - funkční spodní prádlo .....	12
5.2.2. Druhá vrstva oděvu - mezivrstva – termoizolace .....	14
5.2.3. Třetí vrstva oděvu - svrchní vrstva – ochranná.....	15
5.2.3.1. Hustě tkané tkaniny .....	16
5.2.3.2. Membrány .....	16
5.2.3.3. Zátěry .....	20
<b>6. Oděvní klima .....</b>	<b>21</b>
6.1. Mikroklima .....	22
6.2. Oděvní klima.....	22
6.3. Oděvní mezivrstva .....	22
<b>7. Tepelná rovnováha .....</b>	<b>23</b>
<b>8. Sdílení tepla mezi organismem a prostředím .....</b>	<b>24</b>
8.1. Ztráty tepla vedením (kondukcí) .....	24
8.2. Ztráty tepla prouděním (konvekci) .....	25
8.3. Ztráty tepla vyzařováním (radiací) .....	26
8.4. Ztráty tepla odpařováním (evaporací) .....	27
8.5. Ztráty tepla dýcháním (respirací) .....	28
<b>9. Transport vlhkosti z povrchu kůže .....</b>	<b>28</b>
9.1. Odvod vlhkosti - neoblečený organismus.....	29
9.2. Odvod vlhkosti- oblečený organismus .....	30
9.2.1. Kapilární odvod vlhkosti .....	30
9.2.2. Migrační odvod vlhkosti.....	30
9.2.3. Difuzní odvod vlhkosti .....	31
9.2.4. Sorpční odvod vlhkosti .....	31
<b>10. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií .....</b>	<b>31</b>
10.1. Gravimetrická metoda.....	32
10.2. Metoda DREO .....	32
10.3. Přístroj Permetest .....	32
10.4. Alambeta .....	34
10.5. Potící se torzo.....	35
10.6. Tepelný manekýn .....	36
10.7. Potící se manekýn .....	36



10.8. Bioklimatické komory .....	36
10.9. Skin model .....	36
<b>11. Využití manekýnů ve fyziologickém experimentu.....</b>	<b>37</b>
11.1. Předchůdce termálních manekýnů .....	37
11.2. Statické termální figuríny.....	38
11.3. Pohyblivé termální figuríny a potíci se figuríny .....	38
11.4. Termální manekýn Adam (Advanced Automotive Manikin) .....	39
11.5. Termální potíci se figuríny .....	40
11.6. Termální a potíci se manekýn Coppelius .....	40
11.7. Manekýna BTM ( Breathing Thermal Manikin ) .....	41
11.8. Figuríny pro specifické aplikace .....	41
<b>12. Použití termálních manekýnů v praxi.....</b>	<b>44</b>
<b>13. Současné trendy v oblasti fyziologického experimentu - počítačové modelování fyziologického komfortu.....</b>	<b>47</b>
<b>14. Závěr teoretické části.....</b>	<b>48</b>
<b>15. Návrh možnosti hodnocení transportních jevů pro přenos tepla a vlhkosti .....</b>	<b>47</b>
15.1. Návrh experimentu .....	50
15.2. Vybraná měření .....	50
15.3. Použité přístroje a zařízení.....	51
15.4. Měřené veličiny .....	51
15.5. Použité materiály .....	52
15.6. Charakteristika použitých materiálů .....	52
15.7. Vysvětlení pojmů .....	55
15.7.1. Stanovení jednotky Ret.....	55
15.7.2. Prodyšnost, paropropustnost.....	55
15.7.3. Hodnota lambda, součinitel tepelné vodivosti .....	58
<b>16. Experimentální část .....</b>	<b>59</b>
16.1. Propustnost vzduchu .....	59
16.1.1. Zkušební zařízení .....	59
16.1.2. Příprava vzorků.....	61
16.1.3. Postup zkoušky .....	61
16.1.4. Vyhodnocení zkoušky .....	62
16.2. Výparný a tepelný odpor.....	63
16.2.1. Zkušební zařízení .....	65
16.2.2. Příprava vzorků.....	69
16.2.3. Postup zkoušky .....	70
16.2.4. Vyhodnocení zkoušky .....	72
16.3. Relativní propustnost ČSN 80 0855 .....	74
16.3.1. Zkušební zařízení .....	74
16.3.2. Příprava vzorků.....	75
16.3.3. Postup zkoušky a podmínky testování.....	75
16.3.4. Vyhodnocení zkoušky .....	77
16.4. Tloušťka.....	78
16.4.1. Zkušební zařízení .....	78
16.4.2. Příprava vzorků.....	80
16.4.3. Postup zkoušky .....	81
16.4.4. Vyhodnocení zkoušky .....	85
<b>17. Zpracování výsledků měření.....</b>	<b>86</b>
<b>18. Porovnání výsledků měření obou materiálů .....</b>	<b>107</b>

18.1. Porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření .....	107
18.2. Porovnání paropropustnosti indexem propustnosti vodních par.....	113
18.3. Porovnání paropropustnosti (PSM – 2 a ČSN 80 0855) .....	114
18.4. Porovnání paropropustnosti - měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855.....	118
<b>19. Diskuze výsledků.....</b>	<b>120</b>
<b>20. Závěr .....</b>	<b>123</b>
<b>21. Použitá literatura .....</b>	<b>125</b>
Seznam obrázků.....	126
Seznam tabulek.....	128
Seznam grafů .....	129
Příloha 1 .....	130

## Seznam použitých zkratek a symbolů

**UV** - ultrafialové záření - zkratka z anglického (ultraviolet)

**apod.** - a podobně

**°C** - stupně celsia

**%** - procenta

**cm.s<sup>-1</sup>** - centimetr za sekundu

**PP** - polypropylen

**POP** - polypropylen

**PES** - polyester

**cm** - centimetr

**PAD** - polyamid

**m** - metr

**mm** - milimetr

**μm** - mikrometr

**PTEF** - polytetrafluoretylen (teflon)

**PUR** - polyuretan

**např.** - například

**PEO** - polyetylen oxidu

**tzv.** - takzvaně

**cm<sup>2</sup>** - centimetr čtvereční

**PVDF** - polyvinylidenfluorid

**CO<sub>2</sub>** - oxid uhličitý

**PVA** - polyvinylalkohol

**resp.** - respektive

**[J.s<sup>-1</sup>]** joule za sekundu

**kg** - značka základní jednotky kilogram

**Δ** - difference, odchylka nebo změna

**l.h<sup>-1</sup>** - litr za hodinu

**ČSN** - chráněné označení českých technických norem

**m/s** - odvozená jednotka rychlosti - metr za sekundu

**h** - symbol vedlejší časové jednotky - hodina

**K** - značka jednotky termodynamické teploty

**ISO** - Mezinárodní organizace pro normalizaci

**PC** - osobní počítač - z anglického personal computer

**P[W]** - označení tlaku, výkonu

**3D** - zkratka výrazu „trojdimenzionální“, „trojrozměrný“ a označuje svět, který je možné popsat třemi rozměry

**[ml.s<sup>-1</sup>]** - mililitr za sekundu

**[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]** - metr čtvereční krát pascal lomeno watt

**[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]** - metr čtvereční krát kelvin lomeno watt

**kPa** - kilopascal - 1kPa = 1000 Pa

**g**- gram

**ml/hod** - mililitr za hodinu

**RH** - relativní vlhkost vzduchu

$\lambda$  - tepelná vodivost materiálu

**L** - vzdálenost

**A** - povrchová plocha

$\Delta T$  - teplotní rozdíl

**R** - prodyšnost

**Pa** - pascal

**Ret** - odolnost vůči vodním parám

**Rct** - tepelná odolnost

**H** - výhřevnost

**min** - minuta

$\Delta H_e$  - korekce pro výhřevnost při měření odolnosti vůči vodním parám

$\beta$  - kalibrační konstanta přístroje (postup stanovení – viz ČSN EN 31092)

$\alpha$  - kalibrační konstanta přístroje (postup stanovení – viz ČSN EN 31092)

**mm<sup>2</sup>** - milimetr čtvereční

**mat.** – materiál

## 1. Úvod

Jedna z definic říká, že komfort je slovo označující subjektivně vnímanou pohodu spojenou s dostatkem až nadbytkem, při uspokojování nějaké lidské potřeby. Nadměrný komfort může být, podle této definice, považován některými lidmi za luxus či přepych a může být vnímán jako plýtvání. Definice oděvního komfortu říká, že komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu. Okolí včetně oděvu při něm nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly.[1]

Pokud hovoříme o komfortu oděvním, nedá se říci, že by se jednalo o luxus či přepych. Příjemný oděv by měl být samozřejmostí. Měl by se stát jakousi druhou kůží, kterou po celý den ve všech našich činnostech nevnímáme, a která se nám plně přizpůsobuje za všech okolností a při všech našich činnostech. Je dávno pryč doba, kdy se běžný spotřebitel zabýval při pořizování oděvů spíše jeho vzhledem a cenou, v lepším případě omakem. Určitě má každý z nás v paměti nepříjemné pocity, kdy nás před deštěm chránila bunda či plášť, který sice zabránil promoknutí, ale zároveň jsme se propotili a měli pocit, že se nemůžeme nadechnout. Komfort oděvních materiálů by měl spočívat v tom, že se budeme cítit dobře i v prostředí diskomfortním - například v oblastech sportu, turistiky nebo při práci v nestandardních podmínkách. Proto vyvstává potřeba vývoje nových materiálů a technologií, které zajistí potřebný komfort ve všech prostředích a při všech činnostech.

V teoretické části této diplomové práce bude věnována pozornost aspektům, které mají vliv na komfort a diskomfort oděvů. Rozdělení komfortu na psychologický, senzorický, patofyziologický a termofyziologický, zmíněna bude rovněž termoregulace lidského těla a soustava organismus - oděv - prostředí a jelikož je práce zaměřena na sendvičové struktury oděvů pro sportovní použití s objasněním základních principů přestupu tepla a vlhkosti, bude podrobněji popsáno vrstvení textilií, objasněna funkce jednotlivých vrstev v oděvu (první, spodní vrstva oděvu - funkční spodní prádlo, druhá vrstva oděvu - mezivrstva - termoizolace, třetí vrstva oděvu - svrchní vrstva - ochranná). Bude popsán trend dnešní doby, což je pouze dvojitě vrstvení oděvu, kdy první vrstva zůstává stejná jako u trojitě vrstvení oděvu, ale výhody druhé a třetí vrstvy jsou spojeny do jedné. Zástupcem spojených vrstev je řada materiálů známých pod souhrnným obchodním názvem Softshell. Pozornost bude věnována použití vhodných materiálů na jednotlivé vrstvy vzhledem k požadavkům na jejich správnou funkci a budou objasněny pojmy: oděvní klima, mikroklima, oděvní mezivrstva. V této části

práce bude rovněž vysvětleno sdílení tepla mezi organizmem a prostředím a ztráty tepla (vedením, prouděním, sáláním, dýcháním, pocením), transport vlhkosti z povrchu kůže (kapilárně, migračně, difuzí, sorpčně) a všechny dosud dostupné způsoby hodnocení termofyziologického komfortu (gravimetrická metoda, metoda DREO, Permetest, Alambeta, potíci se torzo, tepelný manekýn, potíci se manekýn, bioklimatické komory, skin model) s pohledem na použití termálních manekýnů ve fyziologickém experimentu (statické termální figuríny, pohyblivé termální figuríny a potíci se figuríny, termální manekýn Adam, termální potíci se figuríny, termální a potíci se manekýn Coppelius, manekýna BTM a figuríny pro specifické aplikace) a využití termálních manekýnů v praxi (tepelný manekýn Hugo, IPEMS, NEMO, Newton, Simon, vliv polohy hlavy u novorozenců). Zmíněny budou rovněž současné trendy v oblasti fyziologického experimentu (simulace fyziologického experimentu).

V praktické části práce budou provedena měření prodyšnosti, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky jak u klasických třívrstvých sendvičových struktur, tak u sendvičových struktur softshellových materiálů, za použití přístrojů v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Jelikož je většina dosud zveřejněných prací zaměřena na měření a porovnání vlastností jedné vrstvy sendvičových struktur, bude tato práce měřit, vyhodnocovat a posuzovat sendvičové struktury jako celek. Měření, vyhodnocování a porovnání mezi sebou budou: klasická třívrstvá sendvičová struktura ve složení – dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, a softshellová sendvičová struktura ve složení – třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Cílem práce je objasnění postupů měření prodyšnosti, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky a porovnání výsledků měření klasických třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur, které jsou módním trendem. Předpokladem je, že budou softshellové materiály vykazovat pro spotřebitele příznivější fyziologické vlastnosti.

## **2. Oděvní komfort**

### **2.1. Definice komfortu a diskomfortu**

Stav organismu, kdy jsou jeho fyziologické funkce v optimu, se nazývá komfortem. Okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy lidských smyslů v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich. Při nepřevládajících pocitech tepla ani chladu je možné v tomto stavu setrvat a pracovat. Komfort lze definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů. Diskomfort je opakem komfortu a zjednodušeně jej můžeme rozdělit na pocity tepla, vznikající při větším pracovním zatížení, nebo působením teplého a vlhkého klimatu, a pocity chladu, které vznikají malým pracovním zatížením, nebo jsou reakcí na nízkou teplotu klimatu.[1]

### **2.2. Rozdělení komfortu**

Obecně můžeme komfort dělit na psychologický, senzorický, patofyziologický a termofyziologický.

### **2.3. Termofyziologický komfort**

**Termofyziologický komfort nastává za těchto optimálních podmínek:**

- teplota pokožky  $33 - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$
- relativní vlhkost vzduchu  $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu  $25 \pm 10\text{ cm.s}^{-1}$
- obsah  $\text{CO}_2$   $0,07\%$
- nepřítomnost vody na pokožce [1]

### **2.4. Hodnocení termofyziologického komfortu**

- pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, ovšem bez přímého vztahu k podmínkám platícím v systému pokožka – oděv – prostředí
- za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla

Druhý postup v posledních letech převažuje, neboť umožňuje hodnotit

termofyziologický komfort věrněji než metody první skupiny.[1]

### **3. Termoregulace lidského těla**

Úkolem termoregulačního systému je zejména udržovat vnitřní teplotu lidského těla v daném teplotním intervalu. Metabolické postupy s pomocí buněčných enzymů udržují v tělesném jádru optimální teplotu asi 37°C. Pouze při této teplotě probíhají harmonicky různé životní funkce. Pro celý organismus platí, že jeho vnitřní teplota zůstává konstantní, jestliže je množství tepla vyprodukované tělem rovno teple odevzdanému do okolního prostředí. [1]

Tělesná teplota obecně není zcela stálá, je různá na různých místech těla. I v těchto místech však kolísá v závislosti na fyziologickém stavu těla a na okolních podmínkách. Nejvyšší teplotu (34 - 36 °C) naměříme na nejlépe prokrvených částech těla. Člověk se cítí dobře, pokud průměrná teplota tělního obalu, tedy pokožky, leží mezi 32 – 34 °C. V takových podmínkách, kdy organismus nemusí regulovat teplotu, nedochází k termoregulaci. Při normálním prokrvení nedochází k pocení, ani nenastává pocit chladu. Je to tedy stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, psychologické a fyzikální harmonie mezi člověkem a okolím. Vyjadřuje stav tepelné pohody, jinými slovy termofyziologického komfortu. [1]

Základní část přirozené tepelné bariéry tvoří kůže. Pro termoregulační systém je nejdůležitější část kůže dermis. Představuje vlastní kožní vrstvu obsahující krevní cévy, nervy a potní žlázy, ale i smyslové receptory tepla a chladu. Vnitřní tepelná bariéra má složku statickou a dynamickou. Statická vzniká přirozeným uspořádáním jednotlivých anatomických vrstev těla, jejichž tepelná vodivost směrem od povrchové kožní vrstvy k nitru roste. Dynamická složka vnitřní tepelné bariéry je součástí termoregulace v těle a je úzce spojena s krevním oběhovým systémem. Vnější umělá tepelná bariéra je vytvářena oblečením. Vzniká tak tepelný odpor mezi povrchem těla a okolím. Důležitými vlastnostmi oděvu (jako tepelné bariéry) je vedle tepelné prostupnosti pórovitost, pohltivost povrchu, barva a další vlastnosti, umožňující vedle vedení tepla též jeho přestup konvekcí, radiací a vypařováním. [2]



## **4. Soustava organismus – oděv – prostředí**

### **4.1. Organismus**

Lidské tělo je chápáno jako tepelný stroj, v němž dochází na základě složitých metabolických pochodů k výdeji a příjmu tepla a na základě toho k termoregulačním procesům, závislým na činnosti organismu a na prostředí, do kterého je zasazen [2].

### **4.2. Oděv**

Hlavním úkolem oděvu je chránit tělo před vnějším okolím. Lidské tělo je otevřený systém, který je ve stavu fyzické, chemické a biologické interakce s okolím [1, 2]. Oděv je ochranná vrstva, v níž dochází k prostupu tepla a vlhkosti. Na základě konstrukce oděvu, střihu, použitém materiálu a dalších parametrech jsou tyto prostupy bržděny nebo usnadňovány. Oděv tak napomáhá termoregulaci organismu v takových podmínkách, když tělo samo není schopno samoregulace [1, 2].

Vzhledem k tomu, že jsou textilní vlákna jako vysokomolekulární látky, měnící svou konfiguraci molekulové a nemolekulové struktury na základě přijímání tepla a vlhkosti, chápeme tyto prostupy jako prostupy nehomogenní vrstvou. Například při průniku vlhkosti dochází k bobtnání vlákna, čímž klesá pórovitost textilie a tím se snižuje její schopnost propustit vlhkost. Mění se rovněž hodnota její tepelné izolace. Oděv často vytváří oděvní systém, který je složen z několika mezivrstev. Každá oděvní mezivrstva je jako elementární jednotka oděvního systému, skládající se z vrstvy volného vzduchu, vrstvy textilie a z vrstvy vzduchu uzavřeného v textilií. Všechny tři se účastní transportu tepla, vlhkosti a vzduchu a to tak, že stav a fyzikální vlastnosti jedné vrstvy ovlivňují stav a vlastnosti vrstev ostatních a opačně [1, 2].

### **4.3. Prostředí**

Vnější prostředí jsou podmínky, do nichž je organismus zasazen, a ve kterých se pohybuje. Prostředí se velkou mírou podílí na jeho pocitech [1, 2].

Prostředí můžeme rozdělit na dvě oblasti:

- podmínky pracovního prostředí
- zeměpisné podnebí

Zeměpisné podnebí určuje typ a tepelně-izolační hodnotu oděvu u osob pohybujících se venku. Jakmile je organismus uvnitř nějakého objektu, nastupují podmínky pracovního prostředí a s nimi i vhodný pracovní oděv, jehož komfortní charakteristiky budou odlišné od charakteristik oděvu pro vnější prostředí. Je sledován cíl, aby organismus podal v tomto prostředí maximální tělesný i duševní výkon. Pro zvládnutí náročné úlohy, kterou má oděvní systém splňovat, je nutné respektovat tepelně-vlhkostní a aerodynamické charakteristiky vnějšího prostředí [1, 2].

## **5. Vrstvení textilií**

Stavu pohody je docíleno použitím vhodných materiálů, které následně zajistí požadovaný komfort v odívání. Ten se ovšem, zejména u sportovních oděvů do studené oblasti, nedostavuje oblečením pouze jedné vrstvy. Oděv je třeba navrstvit tak, aby plnil požadovanou funkci. Volba správného vrstvení je komplikovaná, s ohledem na požadavky konkrétního člověka a typu jeho momentální aktivity. Zpravidla se hovoří o trojitém vrstvení oděvů, které se využívá i na zimní aktivity jako je lyžování či jízda na snowboardu.

### **5.1. Popis jednotlivých funkčních vrstev sendvičové struktury oblečení**

Materiály (pleteniny, tkaniny, laminované textilie) pro jednotlivé vrstvy jsou voleny podle funkce, kterou mají plnit.

#### **5.1.1. Pletenina**

Plošná textilie tvořená jednou a více soustav nití. Nítě nejsou v pletenině položeny rovně jako v tkanině, ale jsou uspořádány ve tvaru obloučku. Díky tomu mají větší porozitu než tkaniny. Mezi charakteristické vlastnosti patří pružnost, prodyšnost, tepelně – izolační vlastnosti. Vlastnosti pletenin ovlivňuje vazba, druh použitých nití, hustota pleteniny a povrchová úprava (např. počesání, úprava ionizujícím zářením).

#### **5.1.2. Tkanina**

Plošná textilie tvořená ze dvou a více soustav nití (osnovních a útkových) vzájemným provázáním v pravém úhlu. Mezi typické vlastnosti patří pevnost, tuhost, jemnost, menší pružnost. Vlastnosti tkanin ovlivňuje vazba, druh použitých nití, dostava tkaniny a povrchová úprava (např. vodoodpudivá).

Mezi základní charakteristiky tkanin a pletenin patří **porozita**. Představuje velikost póru v textilií, jejich tvar, uspořádání a četnost. Vypovídá o celkovém množství vzduchu, který je obsažen v textilií.

Zahrnuje póry:

- uvnitř vláken – „mikro“,
- uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny – „mezo“,
- mezi osnovními a útkovými nitěmi – mezinitné póry „makro“.

Ovlivňuje prodyšnost, propustnost pro vodní páry, transport kapalné vlhkosti, tepelněizolační vlastnosti, filtrační schopnosti, propustnost světelných paprsků.

### 5.1.3. Laminované textilie

Jsou textilie, které vznikají spojením dvou a více vrstev materiálů laminováním.

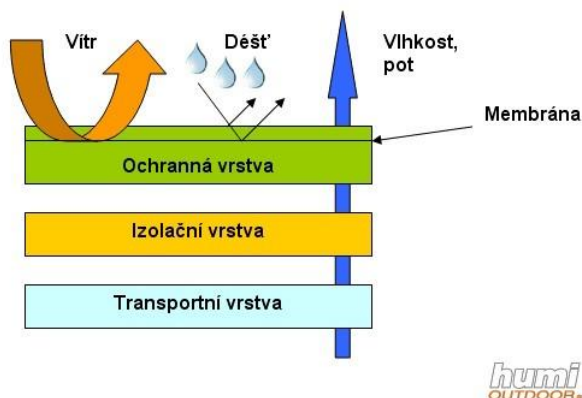
### 5.2. Vrstvy sportovního oděvu

Pokud se hovoří o trojitém vrstvení oděvů, je tím zpravidla myšlena 1.) spodní vrstva oděvu – funkční spodní prádlo, 2.) jedna i více mezivrstev – termoizolace 3.) svrchní vrstva oděvu – ochranná (Obr. 1). Jednotlivým vrstvám jsou věnovány následující podkapitoly.



*Obr. 1 Ukázka jednotlivých vrstev ve sportovním oděvu*

Na obrázku (Obr. 2) je znázorněno, jak v systému vrstev funguje prostup vlhkosti směrem od pokožky organismu.[7]



*Obr. 2 Prostup vlhkosti směrem od pokožky organismu a znázornění funkce ochranné vrstvy oděvu [11]*

#### **5.2.1. První, spodní vrstva oděvu - funkční spodní prádlo**

První vrstva je v přímém styku s pokožkou. Nazývá se vrstvou komfortní (transportní). Má za úkol odvést tělesnou vlhkost od těla a tím ho udržet v suchu. První vrstva by měla být nealergická, neměla by dráždit pokožku a měla by umožnit rychlý prostup tekutin do další vrstvy oděvu. Materiál první vrstvy, měl by být jemný a příjemný na omak. Obecně lze říci, že výrobky první vrstvy jsou vyrobeny ze syntetického materiálu s vlákny, která na rozdíl od přírodních nejsou tolik sorpční a neudrží v sobě dlouho vodu [2].

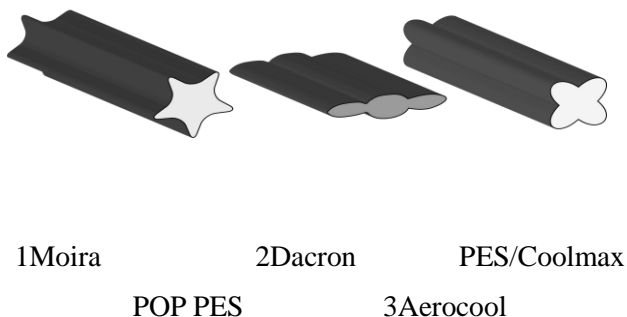
Nejznámějším výrobcem první vrstvy je firma Moira, využívající své patentované pětilaločné vlákno. Její výrobky jsou převážně z pleteniny z polypropylenu. Nabízí řadu funkčního prádla (Obr. 3) s názvem wool, u něhož využívá merino vlnu – jednu z nejkvalitnějších vln. Dalším materiálem je coolmax - obchodní název pro pleteniny vyrobené z polyesteru s tvarovaným čtyřkanálovým průřezem.[6]



*Obr. 3 Příklad oděvu první vrstvy*

Nejvhodnější materiály pro první spodní vrstvu oděvu jsou jednovrstvé pleteniny (též jednosložkové) a integrované pleteniny (též dvousložkové). [6]

Nejvhodnější **jednosložkové pleteniny** jsou polyester nebo polypropylen (nízká hmotnost, antialergický tvarovaný profil (Obr. 4), odvod vlhkosti) v pletenině s „otevřenou“ vazbou s malou hustotou řádků a sloupků, s velkou porositou – odpařování. [6]



*Obr. 4 Tvarovaná vlákna [10]*

**Dvousložkové pleteniny**, jak již název napovídá, skládají se ze dvou vrstev:

1. vrstva - „pocit sucha“, neabsorbuje vlhkost (difúze) vlákna – hydrofobní, nízká navlhavost, POP 0% antibakteriální a antimykotický, odolnější vůči zápachu PES 0,3-0,4% pletenina vazba – izolační vrstva, hladká vazba přiléhající k tělu [6]

2. vrstva – „transport“, odpařování, absorbuje vlhkost vlákna - hydrofilní, vysoká sorpce vlhkosti, přírodní, chemické CO<sub>8,5%</sub>, VI<sub>11%</sub> WO<sub>17%</sub> vysoká termo-izolační schopnost oděvu při zvlhčení – absorpcí vlhkosti nízká prodyšnost pletenina vazba -

savé knoty, vazba plyšová, velké množství pórů, velká termo-izolační schopnost [6]

Vlákna – výrobní názvy:

- polypropylen (MOIRA)
- polyester (SETILA MICRO, DIOLLEN MICRO, Coolmax)
- polyamid (TACTEL, MERYL, Cordura)
- viskóza (MICROMODAL) [10]

### 5.2.2. Druhá vrstva oděvu - mezivrstva – termoizolace

Druhou vrstvu tvoří oděvy, zaručující udržení tělesné teploty a zároveň odvádějící vlhkost z první vrstvy. Druhá vrstva se nazývá izolační. Pro tyto oděvy se používají



*Obr. 5 Dámská fleecová bunda*

většinou syntetická vlákna, která oproti vláknům přírodním rychleji schnou a jsou schopna většího transportu vlhkosti. Nejrozsáhlejší kategorii tvoří fleecové oblečení (Obr. 5) [2], jež se dá charakterizovat jako velmi silný úplet s oboustranným počesáním. Fleece výrobky se vyznačují nízkou gramáží a hřejivostí [2].

Velkým trendem je v dnešní době pouze dvojité vrstvení oděvu, kdy první vrstva zůstává stejná jako u trojitého, ale výhody druhé a třetí vrstvy jsou spojeny do jedné. Zástupcem spojených vrstev je řada materiálů známých pod souhrnným obchodním názvem Softshell. Softshellové oděvy (Obr. 6) jsou odolné vůči větru, prodyšné a nepromokavé [2]. Softshell materiál je všeobecně používaný název pro tkaninu, ale ve většině případů pleteninu z polyesteru či nylonu, což je obchodní název pro polyamid. Dosažení vysoké pružnosti materiálu je docíleno přidáním elastanu - materiálu známého

pod obchodním názvem Lycra.



*Obr. 6 Dámská lehká softshellová bunda*

### **5.2.3. Třetí vrstva oděvu - svrchní vrstva – ochranná**

Poslední vrstvu nazýváme ochrannou. Jak již název napovídá, má tato vrstva za úkol zamezit nepříznivým vlivům počasí na tělo. Musí ochránit před deštěm, ale zároveň musí chránit izolační vrstvu před akumulací vlhkosti vzniklé pocením zevnitř. Jednoduše je požadováno, aby voda dovnitř neprošla, ale vlhkost byla co nejrychleji odvedena ven. Proto se na oděvy používají hustě tkané tkaniny a různé sendvičové struktury, obsahující membrány, zátěry nebo impregnace (Obr. 7)[2]



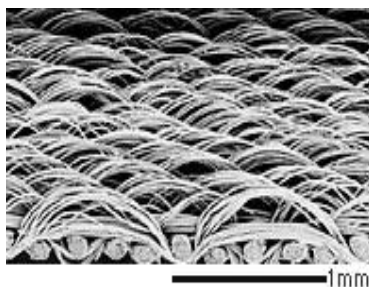
*Obr. 7 Technická bunda do  
nejnáročnějších podmínek*

V následujících podkapitolách jsou popsány hustě tkané tkaniny, membrány mikroporézní a hydrofilní, zátěry neprodyšné a prodyšné.

#### 5.2.3.1. Hustě tkané tkaniny

**První nepromokavá - prodyšná tkanina „Ventile“** byla použita ve 40-tých letech pro armádní účely. Vláknem byla bavlněná, příze česaná, vazba Oxford, dostava 98 nití/cm - minimalizuje zvlnění útku - ponechává vysoký stupeň provázanosti nití-vláknem maximálně rovnoběžná s povrchem tkaniny - počet vláken až 6000/cm - bez finálních úprav.[10]

**Tkaniny z mikro-vláknenných multifilů** (Obr. 8) mají nízkou jemnost vláken, vysokou hustotu a minimální póry - hydrofobní - PAD, PES - tkanina: vysoká dostava, minimální mezivláknenné póry - finální úpravy: silikonové, fluorokarbonové - jemný omak - vodní sloupec do 1 m - velikost pórů zůstává neměnná - syntetická vlákna nebobtnají při zvlhčení.[6]



*Obr. 8 Tkanina z mikro-vláknenných multifilů [10]*

#### 5.2.3.2. Membrány

Membrána není nikdy samostatnou textilií, ale je spojena s nosnou textilií, která zajišťuje její pevnost a chrání ji před poškozením. Jsou to tenké vrstvy (0,2 mm ~ 10μm) polymerního materiálu. Funkce membrány v oděvu je především ochranná, kdy zajistí zadržení vody na povrchu a zároveň umožní průnik par ven. Membrána nesmí zhoršit vlastnosti oděvu jako je omak, splývavost, vzhled apod. Membrány můžeme rozdělit na mikroporézní a neporézní neboli hydrofilní.[6]

#### Mikroporézní membrána

Tuto membránu tvoří polymerová vlákna z PTEF (polytetrafluoretylenu), obsahující více než 1,4 miliardy mikroskopických pórů na centimetr čtvereční. Tyto póry jsou 20



000krát menší než kapka vody, ale 700krát větší než molekula vodní páry. Znamená to, že voda dovnitř neprojde, ale vodní páry ven ano. Nevýhodou je horší údržba při použití běžných pracích prostředků, kdy se póry pomalu zanášejí a membrána tak ztrácí svůj efekt. Nejznámějším výrobcem je firma Goretex. [6]

#### **Mikroporézní:**

mikroskopické póry - vzduch (a vodní pára) prochází, nízká povrchová energie – povrchové napětí v kontaktu s vodou – vysoké aby dovolilo projít přes pór - náhodné, rozmístěny chaoticky, lomené dráhy = větruodolnost -kontaminace (tuk, prach,...) hydrofilní zátěr PUR

Obchodní značky: Goretex, Paclite, Windstopper, Dermizax [6]

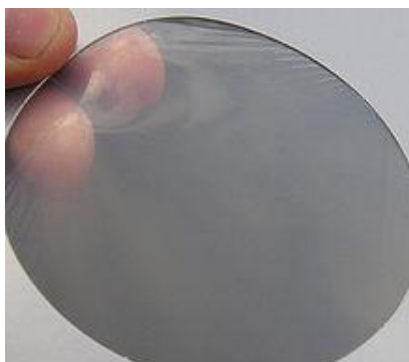
#### **Neporézní membrána**

Neporézní (také hydrofilní) membrána nemá žádné póry. Narozdíl od mikroporézních membrán je přenos vlhkosti založen na chemickém principu, kdy se voda stává na určitou dobu její součástí a je odváděna ve formě vodních par. Nejznámějším výrobcem hydrofilních membrán je firma Sympatex. [6]

Hydrofilní:

- 1- penetrant je absorbován na povrch;
- 2- p. migruje skrz polymer na opačný povrch (dle koncentračního gradientu);
- 3- p. desorbuje nebo se vypařuje aporates z povrchu
  - kopolymer z PUR (waterproof efect), a Poly (etylen oxidu) PEO =hydrofilní část – amorfnní oblasti - nízká energie – vazba molekul vody - rychlá difúze vodní páry „mezimolekulární póry“ breatheable

Obchodní značky: Sympatex, Gelanots [6]



*Obr. 9 Ukázka membrány Sympatex [9]*

**SympaTex®** je chráněná značka membrány (Obr. 9), která se používá především k výrobě nepromokavých oděvů a svršků bot. [9]

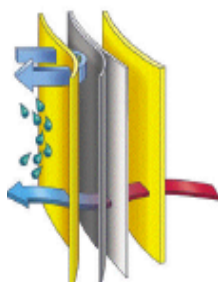
### **Vlastnosti**

Narozdíl od konkurenční porézní membrány Gore-Tex je Sympatex neporézní fólie z kopolymeru sestávajícího ze 70 % polyesteru (hydrofobní část) a 30 % hydrofilního polyethylenu. Folie má tloušťku asi 5  $\mu\text{m}$  a dá se roztahovat až na trojnásobek plochy (porézní membrána na dvojnásobek).

Nepromokavost je definována s 25 m vodního sloupce, propustnost vodních par a prodyšnost (z vnitřní na vnější stranu fólie) se označuje jako "dobrá až velmi dobrá" a neprostupnost větru jako "stoprocentní".

Propustnost lidského potu je zaručena jen do určité maximální teploty okolního ovzduší (asi 15°C). Všechny pozitivní vlastnosti se dají zachovat i při dlouhodobém použití, protože se v membráně nemohou ucpat žádné póry. [9] Membrány s označením Sympatex smí zpracovávat jen výrobci s patřičnou licencí od původce patentu Sympatex Technologies GmbH. Sympatex jako evropský protějšek k americkému Goretexu přišel na trh v roce 1986. V posledních letech se objevily alternativní výrobky, které propagují některé své dílčí přednosti.[9]

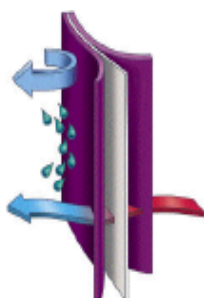
## Včlenění membrány do oděvního systému



*Obr. 10 Z- liner*



*Obr. 11 Laminát: vrchový materiál + membrána Laminát: podšívka +membrána[6]*



*Obr. 12 Trojvrstvý laminát [6]*

### 5.2.3.3. Zátěry

Zátěry je možné dělit na neprodyšné a prodyšné. Neprodyšné zátěry jsou trvanlivé, nepropouští vodu ani vodní páru a jsou nehygienické. Prodyšné zátěry jsou hydrofobní (waterrepellent) tzv. impregnace a mikroporézní či hydrofilní (waterproof/breathable). U hydrofobního zátěru při krátkém dešti kapky vody sklouznou po materiálu, ale při větší zátěži kapky protečou. U mikroporézního a hydrofilního zátěru jsou parametry voděodolnosti a paropropustnosti větší a dají se přirovnat k membráně.

Impregnace je hydrofobní zátěr a spočívá v nanesení vrstvy nejčastěji pomocí spreje na oděv, čímž dojde k zabránění průniku vody. Nevýhodou impregnace je nutnost časté obnovy. Na našem trhu existuje mnoho výrobců impregnací, nejznámějšími však jsou firmy: NIKWAX, TOKO.[6]

#### *Zátěry – finální úpravy / silnější než membrány*

- povrstvení nebo zatírání latexy, pryskyřicemi (polyvinylchlorid, polyuretan, akrylové nánosy, chloroprenový kaučuk, apod.), pružný, pevný film = neprodyšná, nošení nehygienické - plachtoviny, místní použití u oděvů (sedla, náramenice, zesílení v namáhavých místech – kolena).

Mechanické mikropórování = mechanické perforace - jehlové elektrody - elektrické impulsy - až 100 pórů/cm<sup>2</sup>

**Vodonepropustné - airproof** [6]

#### **Zátěry prodyšné – hydrofobní durable water repellent DWR**

- na textilií film, který svou elasticitou a uzavřeným orientovaným uspořádáním molekul zamezuje vniknutí vody. Při mechanickém namáhání se vrstva může porušit, vypere se, neavivuje se

- na bázi polysiloxanů - syntéza z elementárního křemíku - orientované methylové skupiny

- vodoodpudivá úprava z perfluoralkanů se po každém praní a žehlení při 180°C vrátí do původního stavu [6]

### **Zátěry prodyšné – mikroporézní**

- polyvinylidenfluorid (PVDF) - přímo na textilií 25-50  $\mu\text{m}$  z polyuretanu nebo aminokyselinových polymerů. Při nanášení se uvolňuje  $\text{CO}_2$  a tím se nanesený film mění v houbovitou pórovitou strukturu s póry o průměru 0,2-0,3  $\mu\text{m}$ .

Polyuretan – hydrofilní + slabý krycí film [6]

### **Zátěry prodyšné – hydrofilní**

» PUR modifikovaný PVA (polyvinylalkohol)

» PUR modifikovaný polyoxidem

-modifikace mají chemickou afinitu pro vodní páry umožňující jejich difúzi přes amorfní oblasti polymeru - rovnováha mezi hydrofilní a hydrofobní komponentou pro zajištění dostatečné propustnosti pro vodní páry, ale i pružnosti, trvanlivosti, nerozpustnosti ve vodě, nebo poškození při praní apod. [6]

V předchozí kapitole bylo vysvětleno, co je vrstvení oděvů, objasněna funkce jednotlivých vrstev v oděvu a pozornost byla věnována použití vhodných materiálů na jednotlivé vrstvy vzhledem k požadavkům na správnou funkci vrstev v oděvu. Následující kapitoly se budou věnovat oděvnímu klimatu, tepelné rovnováze, sdílení tepla mezi organismem a prostředím a transportu vlhkosti z povrchu kůže.

## **6. Oděvní klima**

Zkoumání fyziologického komfortu je možné rozdělit z hlediska komplexnosti systému „organismus – oděv - prostředí“ na dvě základní skupiny:

- hodnocení fyziologických vlastností oděvních textilií
- hodnocení fyziologických vlastností oděvů

Základní pojmy:

- Mikroklima
- Oděvní klima
- Oděvní mezivrstva [6]

### **6.1. Mikroklima**

- představuje vzduchový prostor uzavřený mezi pokožkou a oděvní vrstvou, resp. mezi dvěma oděvními vrstvami u vícevrstvého souboru oděvů. Tloušťka mikroklimatu je závislá na konstrukci dané oděvní vrstvy (volnosti oděvu). V případě oblečení vysoce funkčního termoprádla je požadavek, aby byla tloušťka mikroklimatu pokud možno co nejmenší a byly tak zajištěny správné transportní vlastnosti použité textilie.[14]

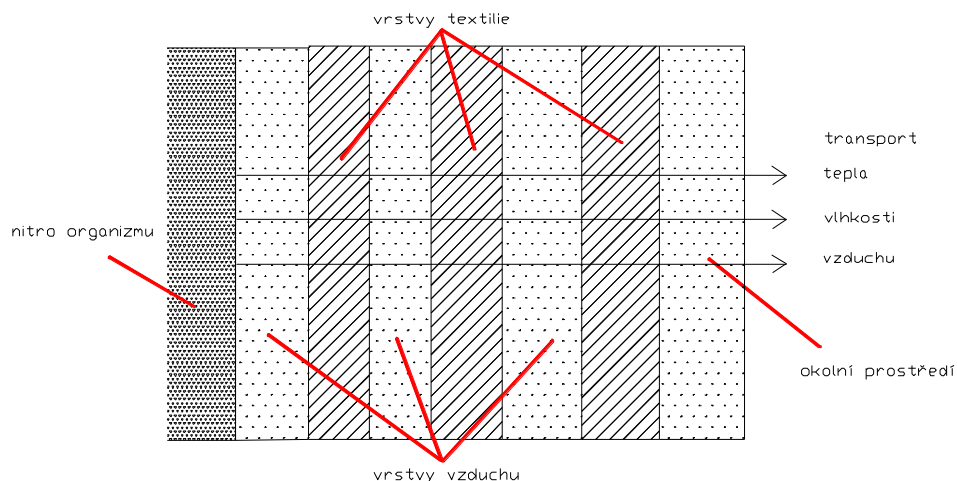
V podmínkách tepelné pohody se teploty pohybují kolem 33° C a vlhkost v rozmezí 40 - 60 %. Prostředí mikroklimatu je velice citlivé na změnu okolních podmínek a v případě zvýšené produkce metabolického tepla dochází k rychlému nárůstu teploty a vlhkosti v porovnání s okolním prostředím. V případě vysoce prodyšných materiálů nebo nevhodné konstrukce oděvu naopak dochází v podmínkách proudícího vzduchu k narušení tepelné vrstvy a tím i ochlazení mikroklimatu, což vede v konečném důsledku k pocitu diskomfortu.[6]

### **6.2. Oděvní klima**

- vzniká mezi dvěma hraničními plochami - pokožkou a vrstvou oděvu. Nevzniká slunečním zářením, ale nepřetržitým přenosem tepla, vodní páry a kyslíčnicku uhličitého. V případě vícevrstvých oděvů je oděvní klima ve své struktuře heterogenní, protože je tvořeno soustavou několika relativně nezávislých dílčích mikroklimat.[6]

### **6.3. Oděvní mezivrstva**

- je složena z vrstev vzduchu, textilie a vzduchu uzavřeného v samotné textilii. Tyto tři vrstvy nelze posuzovat nezávisle na sobě, neboť se všechny účastní transportu tepla, vlhkosti a vzduchu. Stav a fyziologické vlastnosti jedné vrstvy ovlivňují stav a fyziologické vlastnosti vrstvy druhé, resp. třetí a opačně. (Obr. 13) [6]



Obr. 13 Oděvní mezivrstva

## 7. Tepelná rovnováha

Udržování stálé tělesné teploty = celý systém je v tepelně ustáleném stavu. Rovnováha mezi tvorbou tepla v organismu (metabolismus + okolí) a přestupem tepla z organismu do okolí (sálání, vedení, proudění, pocení a dýchání).[5,11]

**Rovnice tepelné rovnováhy:**

$$Q_{to} + Q_{tz} = Q_s + Q_{pr} + Q_v + Q_o + Q_d + Q_p + Q_{ov} \pm \Delta Q$$

[1]

$Q_{to}$  ..... tvorba tepla v organismu [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_{tz}$  ..... vnější tepelné zatížení [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_s$  ..... tepelné ztráty sáláním [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_{pr}$  ..... tepelné ztráty prouděním [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_v$  ..... tepelné ztráty vedením [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_o$  ..... tepelné ztráty v důsledku odpařování difúzní vlhkosti z povrchu pokožky [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_d$  ..... tepelné ztráty v důsledku odpařování vlhkosti z horních cest dýchacích [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_p$  ..... tepelné ztráty odpařováním potu [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$Q_{ov}$  ..... tepelné ztráty na ohřev vydechovaného vzduchu [ $J \cdot s^{-1}$ ],

$\Delta Q$  ..... změna tepelného stavu organismu proti stavu tepelné pohody-deficit tepla [ $J \cdot s^{-1}$ ]

## **Základní předpoklad pro transport tepla!**

### **!!! EXISTENCE TEPLITNÍHO GRADIENTU!!!**

Teplota jádra je větší, než povrchová teplota, povrchová teplota je větší, než teplota okolí.

Důležitý faktor – proudění vzduchu ve vrstvách nejbližších povrchu pokožky.[5,11]

## **8. Sdílení tepla mezi organismem a prostředím**

Výdej – ztráta tepla, je uskutečňována především povrchem těla KŮŽE – největší plošný orgán lidského těla, povrch 1,5 – 2m<sup>2</sup>, hmotnost do 4,5 kg. [5,11]

### **Funkce kůže:**

- ochranná
- termoregulační
- senzorická (smyslový orgán)
- komunikační
- metabolická, skladovací
- produkce D [5,15]

### **Ztráty tepla:**

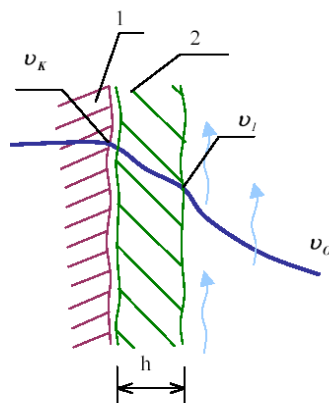
- vedením (kondukcí)
- prouděním (konvekcí)
- sáláním (radiací)
- dýcháním (respirací)
- pocením (evaporací) [5,11]

### **8.1. Ztráty tepla vedením (kondukcí)**

Textilní vrstva naléhá svou plochou přímo na kůži a odnímá teplo kontaktním způsobem. (Obr. 14)



Množství tepla  $Q_v$  [ $J \cdot s^{-1}$ ], které projde stěnou o ploše  $S$  za dobu  $t$ . [5,11]



Obr. 14 Schéma ztráty tepla vedením[11]

Ztrátu tepla vedením lze určit podle rovnice:

$$Q_v = -\lambda \cdot \frac{\partial_K - \partial_1}{h} \cdot S \cdot t$$

[2]

kde:

$\delta$  .....součinitel tepelné vodivosti soustavy vrstev oděvu

$\delta_K$  .....teplota pokožky [ $^{\circ}C$ ]

$\delta_1$  .....teplota venkovní vrstvy oděvu [ $^{\circ}C$ ]

$h$  .....tloušťka textilní vrstvy [mm]

$S$  .....plocha, kde dochází k odvodu tepla [ $m^2$ ]

$t$  .....čas, za který dochází k odvodu tepla [s]

čím  $\downarrow \delta$  ,  $\downarrow h$  ,  $\uparrow S$ , tak  $\uparrow Q_v$  [5,11]

## 8.2. Ztráty tepla prouděním (konvekcí)

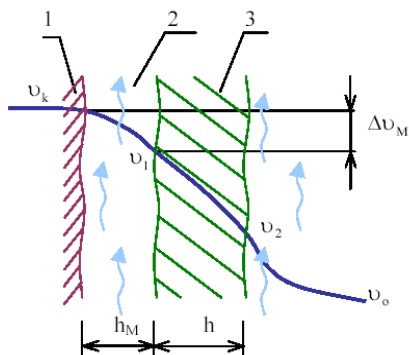
Předpoklad vzduchové mezivrstvy mezi pokožkou a první oděvní vrstvou tzv. mikroklima, ve kterém dochází k částečnému proudění a poklesu teploty (Obr. 15).

Množství tepla  $Q_p$  [J.s<sup>-1</sup>]. [5,11]

1 pokožka

2 mikroklíma

3 textilní vrstva



Obr. 15 Schéma ztráty tepla prouděním [11]

Ztrátu tepla prouděním lze určit podle rovnice:

$$Q_p = \alpha_p \cdot S \cdot [(\delta_K - \delta_1) + (\delta_2 - \delta_0)]$$

[3]

kde:

$\alpha_p$  ..... součinitel přestupu tepla

$\delta_K$  ..... teplota pokožky [°C]

$\delta_1$  ..... teplota vnější strany textilie [°C]

$\delta_2$  ..... teplota vnitřní strany textilie [°C]

$\delta_0$  ..... teplota okolního prostředí [°C]

$S$  ..... plocha, kde dochází k odvodu tepla [m<sup>2</sup>]

$Q_p$  závisí na tloušťce vrstvy a pohybu organismu [5,11]

### 8.3. Ztráty tepla vyzařováním (radiací)

Povrch těla nepřetržitě emituje teplo ve formě elektromagnetického vlnění z míst, která nejsou chráněna oděvem - odvod cca 45 % celkového tepla.

Množství tepla  $Q_s$  [J.s<sup>-1</sup>] [5,11]

Ztrátu tepla vypařováním lze určit podle rovnice:

$$Q_s = \alpha_s \cdot S \left[ \frac{(273 - \delta_K)^4}{100} \cdot \frac{(273 - \delta_o)^4}{100} \right]$$

[4]

kde:

$\alpha_s$ .....součinitel sálání [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^4$ ]

$\delta_o$ .....okolního prostředí [ $^\circ\text{C}$ ]

$\delta_K$ .....teplota kůže [ $^\circ\text{C}$ ]

$S$ .....plocha, kde dochází k odvodu tepla [ $\text{m}^2$ ]

**QS závisí na zevní teplotě, ploše, koeficientu sálání [5,11]**

#### 8.4. Ztráty tepla odpařováním (evaporací)

Tepelné ztráty odpařováním - v podmínkách přehřátí organismu, jediný způsob výdeje tepla pokud teplota okolí  $\uparrow$  než teplota těla (Obr. 16).

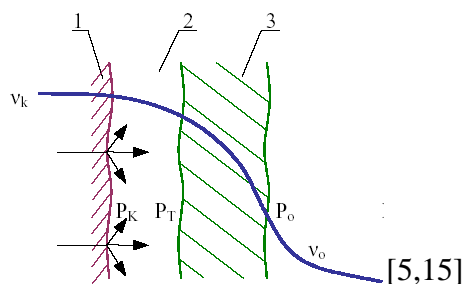
Odparné teplo  $Q_o$  - teplo, které odchází z kůže neznatelným pocením.

Množství tepla  $Q_o$  [ $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ ] [5,11]

1 pokožka

2 mikroklima

3 textilní vrstva



Obr. 16 Schéma ztráty tepla odpařováním[11]

Ztrátu tepla odpařováním lze určit podle rovnice:

$$Q_o = \Delta_i \cdot m_K \cdot S \cdot (P_K - P_o)$$

[5]

kde:

$\Delta_i$  ..... měrné výparné skupenské teplo [J]

$m_K$  ..... permeabilita kůže [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1}$ ]

$P_K$  ..... parciální tlak kůže [Pa]

$P_0$  ..... parciální tlak okolí [Pa]

$Q_0$  závisí na  $\Delta_i$ , rozdílu parciální tlaků vodních par  $\Delta_p$  [5,11]

### 8. 5. Ztráty tepla dýcháním (respirací)

Rozdíl množství vodních par vdechovaných a vydechovaných.

Množství tepla  $Q_D$  [ $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$ ] [5,11]

Ztrátu tepla dýcháním lze určit dle rovnice:

$$Q_D = \Delta_i \cdot (W_{ex} - W_a) \cdot \frac{1}{t}$$

[6]

kde:

$\Delta_i$  ..... měrné výparné skupenské teplo [J]

$W_{ex}$  ..... množství vodních par vdechovaných [kg]

$W_a$  ..... množství vodních par vydechovaných [kg]

$t$  ..... čas [s]

$Q_s$  závisí na zevní teplotě, ploše, koeficientu sálání. [5,11]

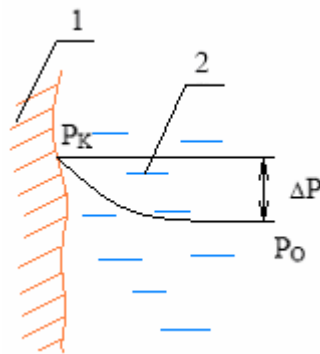
### 9. Transport vlhkosti z povrchu kůže

- lidský organismus v rámci své termoregulační činnosti produkuje vodu ve formě potu
- odpařování potu - důležitý faktor v termoregulaci organismu

- vnitřní teplota organismu do 34°C - export cca 0,03 l.h<sup>-1</sup> potu do okolí, nad 34°C až 0,4 l.h<sup>-1</sup>
- Odpařením 1 litru potu - odvod cca 2,4 MJ tepla. [5,11]

### 9.1. Odvod vlhkosti - neoblečený organismus

Předpoklad přijetí vodní páry (potu) okolním prostředím. Co nejvyšší rozdíl parciálních tlaků vodních par  $\Delta P$  [5,11]



- 1 - pokožka  
 2 - venkovní vzduchová vrstva  
 $P_K$  - parciální tlak páry u pokožky  
 $P_O$  - parciální tlak páry v okolním vzduchu  
 $P$  – spád parciálního tlaku páry

Obr. 17 Odvod vlhkosti- neoblečený organismus

$$\Delta P = P_K - P_O$$

[7]

kde:

$\Delta P$  ..... rozdíl parciálních tlaků vodních par

$P_K$  ..... tlak pokožky

$P_O$  ..... tlak okolí

**Rychlost odvodu vlhkosti závisí na velikosti  $\Delta_p$  [5,11]**

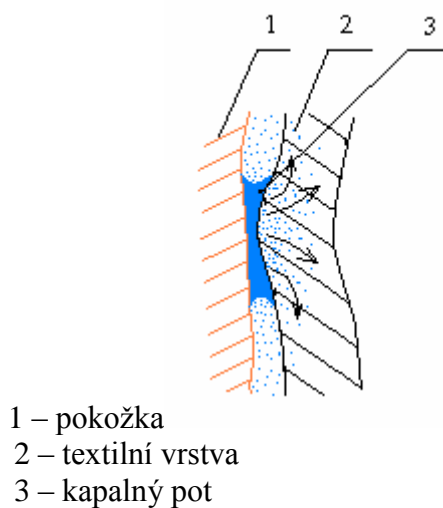
## **9.2. Odvod vlhkosti- oblečený organizmus**

Transport vlhkosti:

- kapilárně
- migračně
- difuzí
- sorpčně [5,11]

### **9.2.1. Kapilární odvod vlhkosti**

Pot v kapalném stavu je odsáván první textilní vrstvou, kdy jejími kapilárními cestami vzlíná všemi směry do plochy textilie, tzv. knotový efekt. Intenzita přestupu je dána spádem  $\Delta_p$ . Vliv smáčecí schopnosti dané textilie, povrchového napětí vláken a potu. [11]



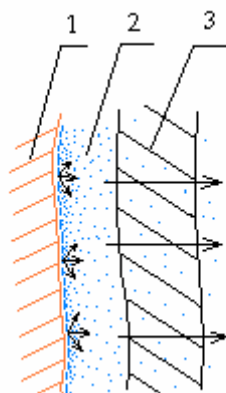
*Obr. 18 Kapilární odvod vlhkosti*

### **9.2.2. Migrační odvod vlhkosti**

Voda migruje na povrchu vláken. Předpoklad - kondenzace vlhkosti (kapalné vody) na povrchu vláken.[11]

### 9.2.3. Difuzní odvod vlhkosti

Prostřednictvím pórů, jež se svou velikostí a křivolakostí zúčastňují na kapilárním odvodu. Zbrždění prostupu média - jednotlivé vrstvy oděvu nemají stejný difúzní odpor. Vliv vlákenné suroviny, z níž jsou jednotlivé textilie vyrobeny (změna geometrie následkem bobtnání). [11]



$$P_k > P_o$$

- 1 – pokožka
- 2 – mikroklima
- 3 – vrstva textilie

*Obr. 19 Difúzní odvod vlhkosti*

### 9.2.4. Sorpční odvod vlhkosti

Vnik vlhkosti či kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následné navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Předpoklad - textilie vyrobena alespoň částečně ze sorpčních vláken.[11]

Všechny čtyři způsoby odvodu vlhkosti se uskutečňují současně.

kapilární (K) – kapalinu difúzní (D), migrační (M), sorpční (S) - kapalinu, vodní páru

$$K > M > D > S [15]$$

## 10. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií

Jak již bylo zmíněno, některé přístroje dokážou změřit tepelný a výparný odpor za podmínek blízkých režimu lidského těla, některé pouze jako fyzikální děj bez vlivu dalších podmínek. Měření, která zohledňují procesy v systému pokožka-oděv-prostředí,

jsou věrnější. [12]

## **Stručné charakteristiky metod k měření vlastností termofyziologického komfortu:**

### **10.1. Gravimetrická metoda**

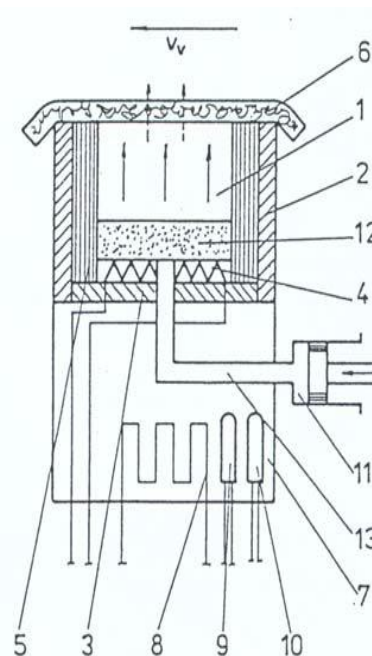
Jedná se o zjišťování relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855. Zkouška probíhá v klimatizační skříni, která udržuje teplotu 20°C, relativní vlhkost 65% a maximální rychlost proudění vzduchu 0,2 m/s. Kruhový vzorek o daném průměru se upevní na misku se silikagelem, vysoušedlem, které na spodní straně vzorku zajišťuje nulovou relativní vlhkost. Miska se vzorkem se zváží před expozicí a po šesti hodinové expozici. Kvůli zdlouhavosti a nepřesnosti, se od metody upouští. [12]

### **10.2. Metoda DREO**

K měření touto metodou se používá tzv. Farnworthova difuzimetru. Vzorek se upevní mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a horní je vystavena proudu vzduchu o rychlosti 1m/s po dobu 15 min. Úbytek vody v misce je zjišťován pomocí stupnice na skleněné kapiláře. Od této metody je také upouštěno. [12]

### **10.3. Přístroj Permetest**

- 1 – nádoba
- 2 – obvodová stěna
- 3 – oddělitelné dno
- 4 – plošné čidlo tepelného toku
- 5 – tepelná izolace
- 6 – zkoušená textilie
- 7 – kovový blok
- 8 – topný prostředek
- 9, 10 – teploměry
- 11 – dávkovač
- 12 - voda



*Obr. 20 Přístroj Permetest*

- elektricky vyhřívaná nádoba s médiem
- v dolní části nádoby čidlo tepelného toku



- přestupem vodních par textilií dochází k poklesu objemu a následně teploty média - změna tepelného toku [12]

Přístroj Permetest (Obr. 20) je ve své podstatě *skin model* malých rozměrů, není však tolik nákladný a měření trvá až 10x kratší dobu. Tento poloautomatický přístroj slouží k určení tepelného a výparného odporu textilií a jejich relativní propustnosti pro vodní páru, případně sledování dynamiky přenosových jevů. Podstata zkoušky spočívá v měření tepelného toku proudícího modelem lidské pokožky, který je porézní a zavlhčován, čímž se simuluje pocení. Vzorek je položen na povrchu přes separační fólii a je ofukován. Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu 20-23°C. Výparný tepelný tok snímáný při měření je přímo úměrný paropropustnosti a nepřímo úměrný výparnému odporu. Vždy je nutno provést nejprve měření bez vzorku a poté se vzorkem. Při měření tepelného odporu je měřicí hlavice suchá a udržuje se na teplotě o 10-20°C vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Přístroj měří tepelný tok odváděný konvekcí do okolního vzduchu.[12]

### **Relativní paropropustnost**

Relativní propustnost pro vodní páry je nenormalizovaný parametr. 100% paropropustnost představuje tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru, jako má měřený vzorek. Překrytím hladiny vzorkem se tepelný tok sníží. [12]

### **Výparný odpor**

Z relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty je určen parciální tlak vodní páry ve vzduchu. Parciální tlak nasycené páry je funkcí teploty vzduchu. [12]

### **Tepelný odpor**

Tepelný odpor je odporem proti prostupu tepla vzorkem při teplotě  $T_m$  jedné jeho strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé strany do vzduchu o teplotě  $T_a$ . Tepelný odpor vnější mezní vrstvy se odečítá. Tato metoda zjišťování tepelného odporu vyhovuje normě ISO 11092, nicméně je nepřesná. Odečítá tepelný odpor pro hladký měřicí povrch, ovšem povrch skutečné textilie je drsný.[12]

#### 10.4. Alambeta

Alambeta (Obr. 21) je poloautomatický přístroj, který je kromě měření některých termofyzikálních parametrů textilií schopen i jejich statistického vyhodnocení. Přístroj simuluje reálné podmínky tím, že měřicí hlavice je zahřátá na průměrnou teplotu lidské pokožky 32 °C, zatímco vzorek je udržován na teplotě 22 °C. [12]

Jakmile je měření zahájeno, měřicí hlavice poklesne na vzorek a je měřen probíhající tepelný tok. Mezitím fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. V jedné měřicí operaci, která trvá maximálně několik minut, jsou změřeny všechny následující parametry. [12]



Obr. 21 Přístroj Alambeta [16]

#### Tloušťka materiálu

Tloušťka materiálu  $h$  [mm] je snímána fotoelektrickým senzorem během měřicího procesu. [12]

#### Měrná tepelná vodivost

Měrná tepelná vodivost je rovna množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K. Tento parametr s rostoucí teplotou klesá. Hodnota udávaná přístrojem se musí vydělit  $10^3$ . [12]

#### Plošný odpor vedení tepla

Hodnotu tepelného odporu z přístroje Alambeta je nutno vydělit  $10^3$ . Platí, že čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. [12]

### **Tepelný tok**

Tepelný tok je množství tepla, které se šíří z hlavy přístroje do textilie za jednotku času. [12]

### **Měrná teplotní vodivost**

Čím je hodnota měrné teplotní vodivosti vyšší, tím rychleji textilie vyrovnává teplotní rozdíly při nestacionárním procesu. [12]

### **Měrná tepelná kapacita**

Tato veličina představuje množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg textilie o 1K . [12]

### **Tepelná jímavost**

Tento parametr charakterizuje tepelný omak textilií. Tepelná jímavost je rovna množství tepla, které proteče jednotkou plochy za jednotku času při rozdílu teplot 1K. Čím vyšší je hodnota tepelné jímavosti, tím chladnější je textilie na omak. Hodnoty tepelných jímavostí u suchých textilií se běžně pohybují od 20 do 300. Ve vlhkém stavu jsou však naměřené hodnoty u běžných textilií vyšší než 750. Maximální hodnota, které lze dosáhnout u textilií pokrytých souvislou vrstvou vody je 1600. Výhodou měření tepelné jímavosti vlhkých textilií pomocí přístroje Alambeta je, že měření trvá velmi krátkou dobu, tudíž výsledky nemohou být zkresleny odparem vlhkosti ze vzorku. Nižších hodnot je dosaženo u materiálů s vlasem, vyšších u hladkých povrchů. Tepelnou jímavost tedy lze ovlivnit vhodnou finální úpravou. Nezáleží však jen na struktuře materiálu, ale také na jeho složení. Vlákná s vyšší rovnovážnou vlhkostí vykazují chladnější omak. [12]

### **10.5. Potící se torzo**

Jedná se o jednu z novějších metod, která dokáže hodnotit termofyziologický komfort za podmínek blízkých režimu lidského těla. Toto testovací zařízení má tvar válce o rozměrech trupu lidského těla. Jednotlivé vrstvy napodobující vrstvy lidského těla jsou vyrobeny z materiálů o podobné tepelné kapacitě a tepelné vodivosti. Torzo může být ještě naplněno vodou. Torzo je ohříváno na teplotu lidského těla, obsahuje 36

potních trysek a je vystaveno proudu vzduchu o rychlosti 2 m/s. Změny množství odpařené a kondenzované vody je zaznamenáno pomocí vah, na kterých torzo stojí. Vlastní měření trvá 4 hodiny v několika fázích, které napodobují různé zátěže lidského organismu. Vzorky jsou při tom umístěné na povrchu torza. [12]

#### **10.6. Tepelný manekýn**

Podobně jako potící se torzo, i tepelný manekýn napodobuje některé základní termofyziologické funkce lidského těla. Na rozdíl od torza, může být tepelný manekýn schopen i omezeného pohybu. Manekýn je rozdělen na 17 nezávislých segmentů. Pomocí počítače je na jednotlivých segmentech měřen příkon potřebný k udržení teploty povrchu na 33°C. Z naměřených hodnot je vypočítán tepelný tok probíhající mezi segmenty a okolím.[12]

Nejprve je změřen tepelný odpor samotného manekýna, bez vlivu oděvu. V dalším kroku se změří odpor manekýna s požadovanou oděvní vrstvou. Rozdíl těchto dvou odporů se přitom rovná odporu měřené oděvní vrstvy. [12]

#### **10.7. Potící se manekýn**

Jedná se v podstatě o tepelného manekýna, který navíc umí simulovat i přenosy vlhkosti v systému pokožka - oděv - okolí. Pro svoji vysokou cenu a složitou obsluhu bývá využíván jen zřídka. [12]

#### **10. 8. Bioklimatické komory**

Bioklimatické komory umožňují hodnocení termofyziologického komfortu při různých klimatických podmínkách. Zkoušky se provádí buď na tepelných manekýnech, nebo zkušebních osobách. Tyto komory mají regulovatelné vyhřívání stěn a přívod vzduchu o dané teplotě a vlhkosti. [12]

#### **10. 9. Skin model**

Základem přístroje (Obr. 22), označovaného jako „model kůže“, je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní destička. Takto jsou napodobovány přenosy tepla a hmoty probíhající u lidské pokožky. Měření může zahrnovat jak jeden, tak oba přenosy a může probíhat za stacionárních podmínek nebo za měnících se podmínek, které zahrnují

rychlost proudění vzduchu, teploty a vlhkosti. Zjišťování termofyziologického komfortu v ustálených podmínkách je předmětem normy ISO 11092. [12]



*Obr. 22 Skin model [12]*

### **Zjišťování tepelného odporu podle ISO 11092**

Vzorek se umístí na destičku vyhřívanou na teplotu 35°C, která je obtékána paralelním proudem vzduchu o teplotě 20 °C a rychlosti 1 m/s. Po dosažení ustálených podmínek se měří tok tepla proudící vzorkem. Tepelný odpor je stanoven tak, že tepelný odpor mezní vrstvy nad povrchem zařízení se odečte od odporu vzorku a vzduchové vrstvy. Tepelný odpor je aritmetickým průměrem všech měření. [12]

### **Výparný odpor podle ISO 11092**

Na povrch měřicí jednotky je nutno připevnit celofánovou membránu. [12]

## **11. Využití manekýnů ve fyziologickém experimentu**

Tepelní manekýni se řadí do alternativních zkušebních metod. Pomocí nich se testují například oděvy do extrémních klimatických podmínek tam, kde při testování nelze využít lidských subjektů.[13]

**Termální figuríny** - napodobující termoregulační funkce lidského organismu.

### **11.1. Předchůdce termálních manekýnů**

**Potící se torzo** - EMPA, Švýcarsko (Obr. 23)

- (36 potních trysek, 20 čidel teploty, náplň voda - rozvod tepla)
- simulace přenosu tepla a vlhkosti z lidského trupu přes oděv
- podmínky - větrný tunel, střídání fází zátěže a odpočinku [13]



*Obr. 23 Potící se torzo[13]*

### **11.2. Statické termální figuríny**

- 40. léta - první figurína (Dr. Harwood Beling), jednodílná bez hlavy a paží, keramická roura pokryta kovovými plechy
- figurína z pokoveného plechu
- měděná figurína (mužského pohlaví) se šesti samostatnými topnými zónami [13]

### **11.3. Pohyblivé termální figuríny a potící se figuríny**

1984 – kloubová termální figurína s devatenácti samostatnými topnými zónami

- 1988 – potící se figurína (COPELLIUS), simulace tepelné výměny při pocení – přestup tepla a vodní páry oděvní vrstvou současně
- 1989 - první ženská figurína
- současnost - simulace dýchání figurín [13]

Regulace teploty povrchu figurín pomocí PC – měření elektrického příkonu  $P$  [W] vynaloženého pro simulaci rozložení tepla v lidském těle - úroveň tepelného toku. [13]

#### 11.4. Termální manekýn Adam (Advanced Automotive Manikin)

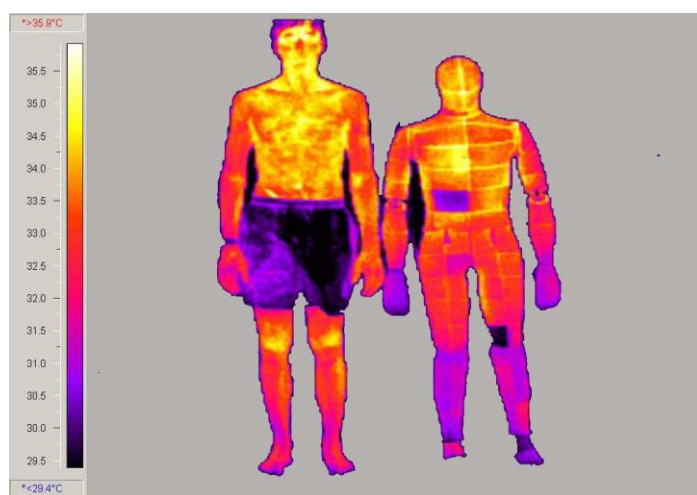
- hodnocení přechodného, nejednotného prostředí v automobilech (obr. 24, 25)

Hlavní rysy manekýna ADAM:

- PC řízený topný systém, 120 samostatných částí
- je složen pomocí protetických kloubů umožňující řadu pohybů
- umožňuje dýchání s vtokem okolního vzduchu a výtokem teplého, vlhkého vzduchu v reálném množství odpovídajícímu lidskému dýchání [13]



*Obr. 24 Termální manekýn Adam [13]*



*Obr. 25 Infračervený obraz člověka (vlevo) a termálního manekýna Adama [13]*

### 11.5. Termální potíci se figuríny

Objektivní měření přestupu tepla a vodní páry oděvními systémy současně

- potní žlázy na povrchu figuríny dodávají a kontrolují množství vody na povrchu
- vypařování vlhkosti zaznamenáváno jako rozdíl mezi dodanou vodou a hmotnostním přírůstkem figuríny + oblečení. [13]

### 11. 6. Termální a potíci se manekýn Coppelius

Výzkumné centrum VTT (Finsko)

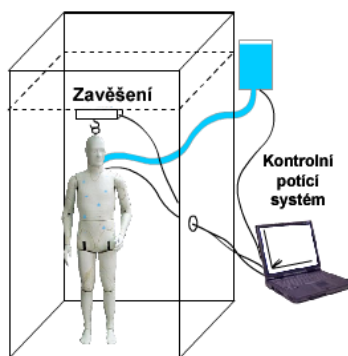
- ztráty tepla a vlhkosti pro různé oděvní celky, různé klimatické podmínky, simulace rozličných úrovní aktivit [13]

Hlavní rysy manekýna COPPELIUS (Obr. 26):

- PC řízený topný systém, 18 samostatně řízených sekcí těla
- PC řízený potíci se systém, 187 jednotlivě ovládaných potních žláz
- protetické klouby v kolenech, kyčlích, loktech a ramenech umožňují pohyb a různé pozice [13]



Obr. 26 Manekýn  
COPPELIUS [13]





### 11.7. Manekýna BTM ( Breathing Thermal Manikin )

Schopnost vdechování ústy, vydechování nosem (pro dýchání slouží tzv. umělá plíce).

Hlavní rysy manekýny BTM (Obr. 27):

- PC řízený topný systém, 16 tepelně nezávislých částí
- materiál – polystyren zesílený skleněným vláknem.
- umělá plíce vybavena jednotkou na zvlhčování a ohřev vzduchu

[17]



*Obr. 27*  
*Manekýna BTM*  
*[13]*

### 11.8. Figuríny pro specifické aplikace

**Modely dolních končetin** (Obr. 28)

- zjišťování tepelných ztrát a izolačních hodnot obuvi
- provedení potíci se a suché
- konstrukce – izolovaná plastová kostra, povrch – porézní měděné nebo hliníkové pláty
- rozdělení do sekcí
- rozsah teplot – 20 °C do + 50 °C
- relativní vlhkost 0 až 100 %

[17]



*Obr. 28 Model dolní končetiny [13]*

### **Modely horních končetin (obr. 29,30)**

- zjišťování tepelných ztrát, izolačních schopností a větrání rukavic
- provedení potíci se a suché
- konstrukce - jako u nohou
- rozdělení do sekcí – většinou 9
- rozsah teplot – 20 °C až + 50 °C
- relativní vlhkost 0 až 100 %
- testování rukavic (Obr. 33) při působení přímého plamene, testování žáruvzdornosti, radiace
- rozsah teplot do 200 °C
- tepelná čidla zvlášť pro každý prst [13]



*Obr. 29 Model horní končetiny [13]*



*Obr. 30  
Testování  
rukavic [13]*

## Modely hlavy

- zjišťování tepelných ztrát, měření izolačních hodnot jakékoliv pokrývky hlavy včetně armádních helem, hodnocení účinku konstrukčních změn výrobku.
- 4 oddělené zóny – obličej, temeno, zadní část hlavy a zužující se zóny, které jsou v místě hlavního kontaktu s pokrývkou hlavy
- povrch hlavy – vrstvy hliníku a epoxidové pryskyřice (Obr. 31)[13]



*Obr. 31 Model hlavy [13]*

## Dětské figuríny

- figuríny batolete (Obr. 32), (hmotnost 1 kg)
- hodnocení inkubátorů a ostatních zdravotnických metod pro předčasně narozené děti [13]



*Obr. 32 Model batolete [13]*

## 12. Použití termálních manekýnů v praxi

### Tepelný manekýn Hugo

K výzkumům indexů tepelné pohody v automobilech se používají tepelní manekýni. Jedná se o model lidské postavy, který po umístění v kabině auta snímá teplotu systémem sítě odporových teploměrů zabudovaných na jejím povrchu. Vyhodnocují se tak tepelné toky dopadající na pokožku řidiče a pasažérů. Manekýny zhotovuje na světě několik firem, zřejmě nejdokonalejší výrobek nabízí společnost z amerického Seattlu. Jejich manekýn, jehož polymerový povrch těla dokonce simuluje i vylučování potu, je schopen zcela automatické činnosti při ovládání na dálku. Tomu odpovídá také jeho cena, která se pohybuje podle vybavení na úrovni milionu dolarů. Takový luxus si nemohou ovšem naši výzkumníci z VÚT dovolit. Pro ně je zatím nedostupná i levnější, ne tak dokonalá verze modelu, kterou lze pořídit v přepočtu zhruba za pět milionů korun. Proto tepelného manekýna, kterého ke svým měřením nezbytně potřebují, členové výzkumného týmu z VÚT vyvíjejí sami z nafukovací figuríny. Docent Ing. Milan Pavelek, který se zabývá problematikou termoregulace povrchové teploty člověka (za pomoci termokamery zkoumá teplotu povrchu pokožky člověka při různých zátěžových aktivitách), připravuje ve spolupráci s fakultním Ústavem automatizace a informatiky pro tohoto manekýna, který dostal jméno Hugo (Obr. 33), senzory, které budou schopny měřit indexy pocitové teploty. [15]



Obr. 33 Termální manekýn Hugo[19]

Vyvíjené senzory by však v budoucnu mohly sloužit i k tzv. cílené klimatizaci, která by neochlazovala celou kabinu auta, nýbrž pouze bezprostřední okolí cestujících, případně jen některé části jejich těla. Pro vytvoření příjemného prostředí ve čtyřmístném vozidle by jich bylo potřeba pět až šest.[15]

Současně vzniká počítačový virtuální 3D model manekýna, který bude simulovat teplotní podmínky působící na člověka. Virtuální model bude schopen zohlednit např. i tu skutečnost, že se teplo v lidském těle rozvádí krevním oběhem. Další vývoj a dokončení fyzického modelu manekýna do značné míry závisí na realizaci velkých výzkumných projektů CEITEC (Středoevropský technologický institut) nebo NETME (Centrum strojírenského výzkumu na FSI), které se v Brně připravují. [15]

Manekýn IPEMS - volně stojící robot simulující lidské fyziologie pro zkoušky ochranných pomůcek v kontrolovaném prostředí - testování ochranných oděvů a vybavení proti chemickým látkám. Konstruovaný pro potřeby americké armády (Obr. 34). [16]



*Obr. 34 Manekýn IPEMS [16]*

## **NEMO**

NEMO - ponorná tepelná figurína, která je určena pro provoz pod vodou v hloubkách až 10 stop (3 metry). Speciální zařízení konstruované pro potřeby výzkumu ministerstva obrany Japonska. [17]

## **Newton**

Tepelná figurína pro hodnocení podmínek automobilové kabiny pro pasažéry. Newton je plně kloubová figurína, schopná odrážet řadu typických pozic řidiče (Obr.

35). [17]



*Obr. 35 Tepelný manekýn Newton [21]*

### **Simon**

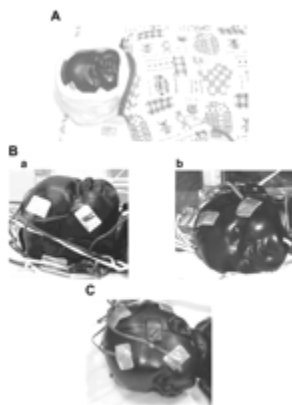
Tepelná figurína Simon (Obr. 36) je systém, který byl vyvinut pro zkoušky spacích pytlů. [17]



*Obr. 36 Tepelný manekýn Simon [21]*

### **Vliv polohy hlavy u novorozenců: simulace tepelného manekýna**

Tepelná figurína určena pro výzkum syndromu náhlého úmrtí dítěte (Obr. 37).[18]

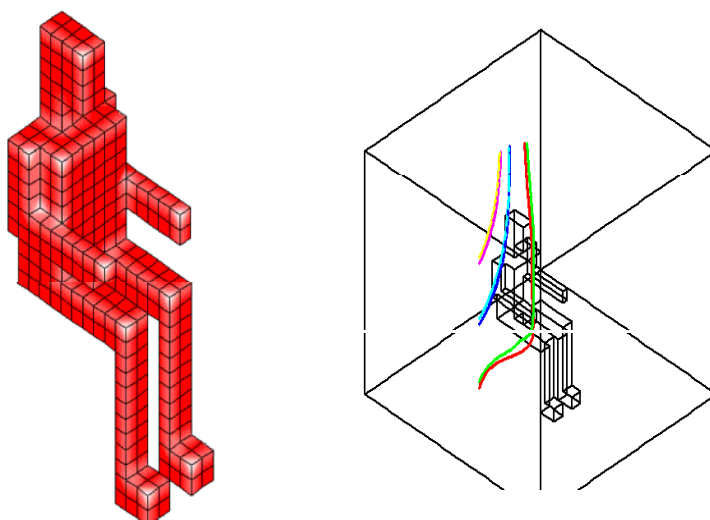


*Obr. 37 Tepelný manekýn novorozence [18]*

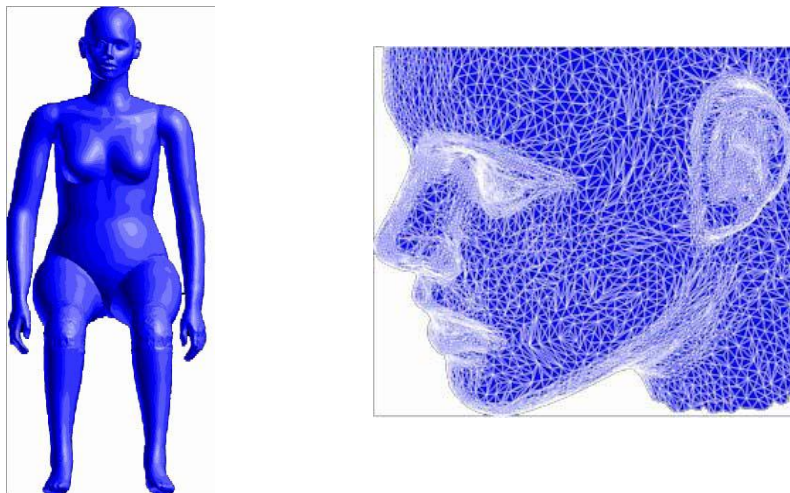
### **13. Současné trendy v oblasti fyziologického experimentu - počítačové modelování fyziologického komfortu**

Výsledky z experimentů s živými osobami a tepelných figurín - vstupní data pro vývoj metodik založených na principu CFD (Computational Fluid Dynamics) modelování. [23]

CFD je výpočetní metoda pro modelování dynamiky proudění kapalin a plynů, včetně přestupů tepla či hmoty, fázových změn, chemických reakcí, mechanického pohybu a deformací pevných materiálů.[19]



*Obr. 38 Počítačové modelování fyziologického komfortu [19]*



*Obr. 39 Počítačové modelování fyziologického komfortu [19]*

#### **Proč využívat počítačového modelování fyziologického komfortu?**

- postavení odpovídajícího experimentálního modelu je obtížné a finančně nákladné
- získání údajů, které nejsou experimentálně měřitelné [19]

#### **Efektivita vývojové fáze výrobku:**

- zkrácení fáze designu a vývoje
- úspora času = úspora nákladů = rychlejší uvedení výrobku na trh [19]

## **14. Závěr teoretické části**

V teoretické části této diplomové práce byla věnována pozornost aspektům, které mají vliv na komfort a diskomfort oděvů. Rozdělení komfortu na psychologický, senzorický, patofyziologický a termofyziologický, zmíněna byla rovněž termoregulace lidského těla a soustava organismus - oděv - prostředí a jelikož je práce zaměřena na sendvičové struktury oděvů pro sportovní použití s objasněním základních principů přestupu tepla a vlhkosti, bylo podrobněji popsáno vrstvení textilií, objasněna funkce jednotlivých vrstev v oděvu (první, spodní vrstva oděvu - funkční spodní prádlo, druhá



vrstva oděvu - mezivrstva - termoizolace, třetí vrstva oděvu - svrchní vrstva - ochranná). Vzhledem k návrhu experimentu byl popsán trend dnešní doby, což je pouze dvojité vrstvení oděvu, kdy první vrstva zůstává stejná jako u trojitého vrstvení oděvu, ale výhody druhé a třetí vrstvy jsou spojeny do jedné. Zástupcem spojených vrstev je řada materiálů známých pod souhrnným obchodním názvem Softshell. Pozornost byla věnována použití vhodných materiálů na jednotlivé vrstvy vzhledem k požadavkům na jejich správnou funkci a byly objasněny pojmy: oděvní klima, mikroklima, oděvní mezivrstva. V této části práce bylo rovněž vysvětleno sdílení tepla mezi organismem a prostředím a ztráty tepla (vedením, prouděním, sáláním, dýcháním, pocením), transport vlhkosti z povrchu kůže (kapilárně, migračně, difuzí, sorpčně) a všechny dosud dostupné způsoby hodnocení termofyziologického komfortu (gravimetrická metoda, metoda DREO, Permetest, Alambeta, potíci se torzo, tepelný manekýn, potíci se manekýn, bioklimatické komory, skin model) s pohledem na použití termálních manekýnů ve fyziologickém experimentu (statické termální figuríny, pohyblivé termální figuríny a potíci se figuríny, termální manekýn Adam, termální potíci se figuríny, termální a potíci se manekýn Coppelius, manekýna BTM a figuríny pro specifické aplikace) a využití termálních manekýnů v praxi (tepelný manekýn Hugo, IPEMS, NEMO, Newton, Simon, vliv polohy hlavy u novorozenců). Zmíněny byly rovněž současné trendy v oblasti fyziologického experimentu (simulace fyziologického experimentu).

Jak již bylo zmíněno, cílem práce je objasnění postupů měření prodyšnosti, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky. Porovnány budou výsledky měření klasických třívrstevných a softshellových sendvičových struktur, které jsou módním trendem.

V následující kapitole se bude práce věnovat návrhu hodnocení transportních jevů pro přenos tepla a vlhkosti.

## **15. Návrh možnosti hodnocení transportních jevů pro přenos tepla a vlhkosti**

Z metod hodnocení termofyziologického komfortu, které byly zmiňovány v předchozích kapitolách, byl zvolen pro experiment, vzhledem k zaměření diplomové práce, měřicí přístroj PSM – 2, který měří výparný a tepelný odpor, dále bude měřena relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855. Pro doplnění porovnání materiálů

bude změřena rovněž jejich prodyšnost a tloušťka.

### **15.1. Návrh experimentu:**

V praktické části práce budou provedena měření prodyšnosti, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky jak u klasických třívrstvých, tak u softshellových sendvičových struktur, za použití přístrojů v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Jelikož je většina dosud zveřejněných prací zaměřena na měření a porovnání vlastností jedné vrstvy sendvičových struktur, bude tato práce posuzovat, měřit a vyhodnocovat sendvičové struktury jako celek. Měřeny a porovnány mezi sebou budou: klasická třívrstvá sendvičová struktura ve složení - materiál s membránou Sympatex, Fleece a Moira, a softshellová sendvičová struktura ve složení – třívrstvý laminát Softshell a Moira.

Cílem praktické části práce a experimentu je objasnění postupů měření prodyšnosti (přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu SDL M 021 S), výparného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2), paropropustnosti (relativní paropropustnost podle normy ČSN 80 0855), tepelného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2) a tloušťky (přístroj Tloušťkoměr SDL M 034 A). Porovnány budou výsledky měření klasických třívrstvých a softshellových sendvičových struktur. Předpokladem je, že budou softshellové sendviče vykazovat pro spotřebitele příznivější fyziologické vlastnosti a porovnání měření by mělo prokázat, jaký je jejich přínos ve fyziologickém komfortu pro nositele oděvu, který je z těchto materiálů zhotoven. Vzhledem k tomu, že bude rovněž objasněn postup měření relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855, bude výsledek tohoto měření porovnán s výsledkem měření výparného odporu PSM – 2 (po přepočtu na paropropustnost) a bude vyjádřeno, s jakou přesností se paropropustnost měřila v době dřívější a jestli výsledky naměřené podle normy ČSN 80 0855 mohou být srovnatelné s výsledky z moderních přístrojů, které se používají v současnosti.

### **15.2. Vybraná měření**

- Měření prodyšnosti třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur a následné porovnání výsledků měření.

- Měření výparného odporu třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur a následné porovnání výsledků měření.
- Měření paropropustnosti třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur a následné porovnání výsledků měření.
- Měření tepelného odporu třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur a následné porovnání výsledků měření.
- Měření tloušťky třívrstvých sendvičových struktur a softshellových sendvičových struktur a následné porovnání výsledků měření.

### 15.3. Použité přístroje a zařízení

- Přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu **SDL M 021 S**
- Přístroj pro měření výparného a tepelného odporu **PSM-2**
- Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií dle normy **ČSN 80 0855**
- Přístroj Tloušťkoměr **SDL M 034 A**

### 15.4. Měřené veličiny:

- Propustnost vzduchu-prodyšnost (propustnost vzduchu za stanovených podmínek)

Jednotka: [ml.s<sup>-1</sup>]

- Výparný odpor - Ret (propustnost vyprodukované vlhkosti do vnějšího prostředí)

Jednotka: [m<sup>2</sup>. Pa.W<sup>-1</sup>]

- Relativní propustnost vodních par plošnou textilií dle normy ČSN 80 0855

Jednotka: [g/m<sup>2</sup>.24 h]

- Tepelný odpor - Rct (rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu)

Jednotka:[m<sup>2</sup>. K.W<sup>-1</sup>]

- Tloušťka (kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, přičemž na textilii působí přítlak 1 kPa nebo nižší)

Jednotka: [mm]

### 15.5. Použité materiály:

Pro hodnocení experimentu byly použity čtyři druhy materiálu, ze kterých byly vhodným vrstvením vytvořeny dvě sendvičové struktury.

#### 1. Třívrstvá sendvičová struktura:

Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex

Fleece

Moira

#### 2. Softshellový materiál:

Třívrstvý laminát Softshell

Moira

Označení materiálů a vzorků a jejich popis je uveden v tabulkách pod obrázky jednotlivých materiálů.

### 15.6. Charakteristika použitých materiálů:

#### Materiál č. 1: Moira



Lícová strana materiálu

Rubová strana materiálu

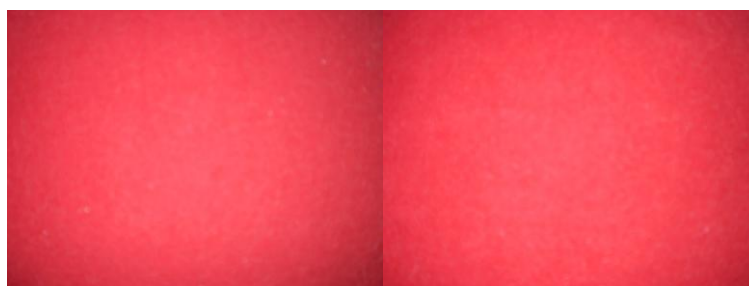
*Obr. 40 Materiál Moira- zobrazení lícové a rubové strany*

Název materiálu	Složení	Plošná hmotnost	Druh materiálu
Moira	100% Polypropylen	110 g/m <sup>2</sup>	pletenina

*Tab. 1 Charakteristika materiálu Moira*

Moira - Ultralight New je základní, univerzální typ funkčního úpletu. Používá se všude tam, kde je třeba rychlý odvod potu při měnící se fyzické zátěži. Ultralight New je druhá generace úspěšného materiálu se zdokonalenou vazební konstrukcí, pletenina je vyrobena z jemného polypropylenového hedvábí, díky kterému má výrobek mnohem lepší omak než předchozí generace. Díky svojí struktuře vytváří četné kapilární cesty, kterými nekompromisně odvádí tělesnou vlhkost a zároveň kumuluje velké množství vzduchu. Právě vzduch tvoří termoizolační vrstvu důležitou pro tělesnou stabilitu těla při měnící se fyzické zátěži. Vnitřní struktura pleteniny zajišťuje pouze bodový dotyk, takže nedochází k „lepení“ na pokožku ani při zvýšeném fyzickém výkonu. Plošná hmotnost materiálu použitého pro experiment je  $110 \text{ g/m}^2$

## **Materiál č. 2: Fleece**



**Lícová strana materiálu      Rubová strana materiálu**

*Obr. 41 Materiál Fleece- zobrazení lícové a rubové strany*

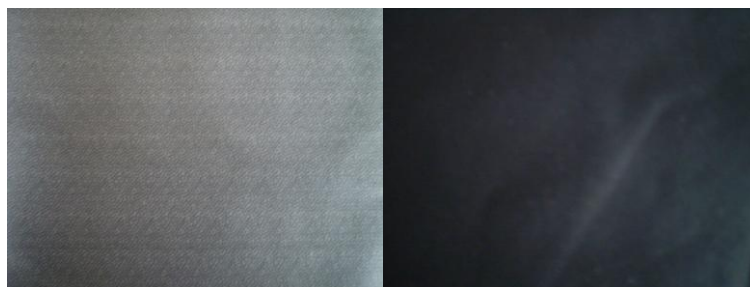
Název materiálu	Složení	Plošná hmotnost	Druh materiálu
Fleece	100 % PES	$280 \text{ g/m}^2$	pletenina

*Tab. 2 Charakteristika materiálu Fleece*

FLEECE (nebo také termovelur - obchodní název) je hřejivý materiál ze 100% syntetického materiálu, nejčastěji polyamidu nebo polyesteru s oboustranným vlasem. Vyznačuje se nízkou gramáží i při poměrně silném úpletu s výbornými izolačními vlastnostmi, měkkostí a poddajností. Nesprávně je někdy nazývaná též jako odlehčený flauš. Nevýhodou je většinou silný sklon ke žmolkování. Název je odvozen z anglického fleece = vlna, rouno. Plošná hmotnost materiálu použitého pro experiment je

280 g/m<sup>2</sup>.

**Materiál č. 3: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex**



**Lícová strana materiálu      Rubová strana materiálu**

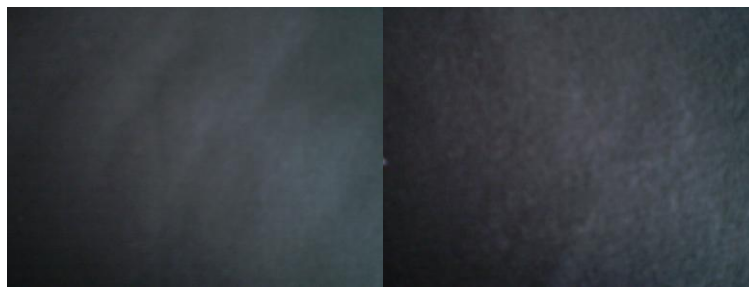
*Obr. 42 Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex  
- zobrazení lícové a rubové strany*

Název materiálu	Složení	Plošná hmotnost	Druh materiálu
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex	Materiálové složení vrchní vrstvy: 100 % polyester Materiálové složení membrány: 100 % polyuretan	162 g/m <sup>2</sup>	Vrchní vrstva: struktura: tkanina Spodní vrstva: membrána Sympatex

*Tab. 3 Charakteristika dvouvrstvého laminátu s membránou Sympatex*

Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex má materiálové složení vrchní vrstvy ze 100% polyesteru a materiálové složení membrány ze 100% polyuretanu. Struktura – tkanina, membrána Sympatex. Plošná hmotnost materiálu použitého pro experiment je 162 g/m<sup>2</sup>

#### **Materiál č. 4: Třívrstvý laminát Softshell**



**Lícová strana materiálu      Rubová strana materiálu**

*Obr. 43 Třívrstvý laminát softshell - zobrazení lícové a rubové strany*

<b>Název materiálu</b>	<b>Složení</b>	<b>Plošná hmotnost</b>	<b>Druh materiálu</b>
Třívrstvý laminát softshell	1. vrstva: 94% PES, 6% Spandex 2. vrstva: 100% PU 3. vrstva: 100% PES microfleece	310 g/m <sup>2</sup>	Pletenina

*Tab. 4 Charakteristika třívrstvého laminátu Softshell*

Třívrstvý laminát softshellového charakteru má složení 1. vrstvy: 94% PES, 6% Spandex, 2. vrstvy: 100% PU, 3. vrstvy: 100% PES microfleece. Jedná se o pleteninu a její plošná hmotnost pro tento experiment je 310 g/m<sup>2</sup>

### **15.7. Vysvětlení pojmů**

#### **15.7.1. Stanovení jednotky Ret**

Nejpřesnější a nejobektivnější vyjádření schopnosti materiálu "dýchat", tedy propouštět vyprodukovanou vlhkost do vnějšího prostředí, je metoda pro stanovení jednotky **Ret**. Ret udává odpor materiálu proti permanentnímu odpařování a platí tedy, že čím je tato hodnota nižší tím materiál lépe dýchá.[20]

#### **15.7.2. Prodyšnost, paropropustnost**

Při skutečných a déletrvajících outdoorových činnostech nevystačíme s oděvy pouze voděodolnými. Outdoorové oblečení musí být i dostatečně paropropustné. V opačném

případě by se náš organismus brzy nebezpečně přehřál a spodní oblečení by pod takovým neprodyšným oděvem zvlhlo naším vlastním potem. Dobré outdoorové oděvy musí být tedy i dostatečně propustné pro naše tělesné výpary, abychom v něm vydrželi provozovat dlouhodobě aktivní činnost a následně po jejím ukončení neprochladli. Kvalitní materiály dnes splňují náročné požadavky na paropropustnost i při vysoké voděodolnosti. Nejlepší výkony jsou v tomto smyslu schopny podávat pouze membránové materiály. U nás jsou známy BlocVent, GelanotsXP, Goretex, Dermizax. Podstatně méně spokojeni budeme s materiály zatěrovanými, kterých je na trhu nepřeberná řada značek. [21]

Podobně jako u nepromokavosti se k dosažení vysoké paropropustnosti používají opět porézní hydrofobní (Goretex) nebo neporézní hydrofilní membrány (BlocVent, Gelanots XP, Dermizax). Porézní a neporézní membrány pracují na různých principech, ovšem z hlediska výkonnosti, alespoň v uvedených příkladech, mezi nimi není podstatný rozdíl. Všechny jsou na špičkové úrovni a výrobci neustále věnují pozornost jejich vývoji. Neporézní membrány s hydrofilní povahou mají výhodu schopnosti převádět do jisté míry i zkondenzovanou vlhkost. Vlastnost materiálu převádět výpary do vnějšího prostředí (dýchat) se nazývá paropropustnost a udává se v  $\text{g/m}^2/24 \text{ hod}$ , tedy kolik vlhkosti v g propustí  $1\text{m}^2$  za den. Čím vyšší hodnota je naměřena, tím materiál lépe „dýchá“. Jiný údaj vyjadřující schopnost „dýchat“ je prodyšnost, udávající odolnost materiálu proti permanentnímu odpařování vlhkosti. Jednotkou je Ret ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ). Zde platí opačně, že čím menší je hodnota (menší odpor), tím materiál lépe „dýchá“. Nejlepší membránové materiály i při hodnotách 20 000 mm vodního sloupce dosahují i vyšších hodnot než 20 000  $\text{g/m}^2/24\text{hod}$ , jejich Ret je tedy menší než 6. Opět to ale neznamená, že materiál vždy dokáže převést veškerou vlhkost do vnějšího prostředí. Zda materiál, ze kterého je oděv vyroben, odbourá téměř všechnu vlhkost, nebo nějaká ve vrstvách oblečení zbude, záleží především na počasí, intenzitě zátěže a způsobu oblékání. Při převodu par se uplatňují fyzikální zákony a hnacím mechanismem, určujícím rychlost a směr převodu je rozdílný tlak par na opačných stranách oděvu. [21]

Jedná se o mechanismus difuze, nastávající u propustných membrán, kdy na základě rozdílných koncentrací na její vnější a vnitřní straně prochází látky z místa o vyšší koncentraci do míst s nižší koncentrací až do jejich vyrovnání. Tento princip probíhá bez nutnosti dodávky některé formy energie. Každý jiný přenos látek proti koncentračnímu rozdílu (aktivní transport) je možný pouze za předpokladu vynaložení



práce a většinou i existence membránových přenašečů, které pro takový přenos potřebují energii. Toho jsou proto schopné pouze membrány buněčné. Proto neexistuje syntetický materiál schopný odvádět vlhkost pouze jedním "ideálním" směrem ven z oděvu. Nepochopení tohoto principu veřejností bývá zdrojem zklamání a sporů. [25]

Schopnost prodyšného materiálu, či spíše spokojenost uživatele s jeho schopností převádět vodní páry, je ovlivněna řadou faktorů. Závisí na produkci tělesných par v klidu a při pohybové činnosti. I v klidovém stavu totiž probíhá tzv. neviditelné pocení v hodnotě kolem 50 ml/hod. Znamená to, že jen pro převod vlhkosti vyprodukované tělem v klidovém stavu je zapotřebí materiál s parametrem 1200 - 1500 g/m<sup>2</sup> za 24 hod. K objemu vyprodukovaných par při klidovém pocení se pak přičítají tělesné páry vzniklé při zátěži. [21]

#### **Přibližné hodnoty produkce tělesných výparů podle intenzity zátěže:**

- chůze (dle podmínek a fyziologie) 5 000-10 000 g/m<sup>2</sup> za 24 hod.
- běh 20 000-28 000 g/m<sup>2</sup> za 24 hod.
- extrémní fyzická aktivita nad 35 000 g/m<sup>2</sup> za 24 hod. [25]

Maximální množství produkce potu je udáváno 1,7 l/hod, což činí kolem 40 000 g/m<sup>2</sup> za 24 hod. Takové množství par nedokáže odvést zatím žádný materiál (membránový nebo zátěrový), pokud má být zároveň zajištěna jeho nepromokavost. [21]

Dalšími faktory jsou vlhkost a teplota vzduchu. Tyto velmi proměnlivé veličiny (mimo dalších, jako např. zakřivení terénu) ovlivňují hodnotu atmosférického tlaku vodních par. Rozdíl hodnoty tlaku vodních par v atmosféře, oproti hodnotě tlaku vodních par pod oděvem, pak určuje velikost a směr jejich převodu. Pod oděvem je vzhledem k pohybu uživatele většinou tlak vodních par vyšší, proto odvod par z oděvu směřuje ven. Vzhledem k proměnlivosti okolního prostředí se pak outdoorové oblečení z hlediska prodyšnosti chová odlišně v různých podmínkách. Proto se někdy cítíme úplně „v pohodě“ a jindy máme pocit zapaření pod oděvem. V tabulce je uveden pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu RH (Hodnoty jsou v %, kdy maximální 100% prodyšnost uvažujeme v ideálních podmínkách nulové relativní vlhkosti okolního ovzduší 0%RH):

teplota °C	atmosférická vlhkost				
	100% RH	75% RH	50% RH	25% RH	0% RH
-10	97	98	99	100	
0	92	94	96	98	100
10	83	87	92	96	100
20	68	76	84	92	100
30	42	57	77	86	10

*Tab. 5 Pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu*

*RH (za podmínek 40°C, 100%RH na vnitřní straně oděvu) [25]*

Ukazuje se, že za podmínek vyšších teplot a vlhkosti může být propustnost materiálu pro vodní páry snížena až o polovinu. Pokud se naše tělo přehřeje, začneme se více potit bez ohledu na to, v čem jsme oblečení. Prodyšné oblečení nezabraňuje pocení ale, usnadňuje převod tělesných výparů do vnějšího prostředí. Pokud se tedy vzhledem k naší aktivitě nevhodně oblečeme, nebo je zásluhou vysoké aktivity produkce potu tak vysoká, že tělo vytváří více potu, než je oblečení schopno propustit, může dojít k hromadění vlhkosti. Pro tento případ lze využít několika způsobů odvětrání - např. otevření podpažních větráků, pokud je jimi oděv opatřen, otevření hlavního zipu, což je v případě dvojité légy s odtokovým kanálkem možné i za deště, povolením manžet, otevřením horních kapes, které jsou pro tento případ mnohdy u oděvů vyrobeny z perforované látky.[21]

### **15.7.3. Hodnota lambda, součinitel tepelné vodivosti**

Tepelná vodivost materiálu se udává jako hodnota lambda, která se používá pro tepelné výpočty. Řecké písmeno  $\lambda$ , lambda, [W/mK] vyjadřuje tepelnou vodivost materiálu. Ta je definována jako množství tepla přeneseného v daném čase do vzdálenosti L, ve směru k povrchové ploše A v důsledku teplotního rozdílu  $\Delta T$ , je-li přenos tepla závislý pouze na teplotním gradientu. Čím nižší je tedy hodnota lambda určitého materiálu, tím lepší je schopnost izolace.

## 16. Experimentální část

Experimentální část je rozdělena do dvou částí. V první jsou podrobně popsány jednotlivé přístroje a zařízení, na kterých byly provedeny zkoušky propustnosti vzduchu, výparného odporu, paropropustnosti, tepelného odporu a tloušťky obou posuzovaných materiálů, příprava materiálů, postupy jednotlivých zkoušek a způsob vyhodnocení měření. Ve druhé části jsou vyhodnocovány a porovnány výsledky měření.

### Použité přístroje a zařízení:

- Přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu **SDL M 021 S**
- Přístroj pro měření výparného odporu a tepelného odporu **PSM-2**
- Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií dle normy **ČSN 80 0855**
- Přístroj Tloušťkoměr **SDL M 034 A**

### 16.1. Propustnost vzduchu

**Prodyšnost R** [ $\text{m.s}^{-1}$ ] je schopnost plošné textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek. **Definice:** prodyšnost je definována jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo zkušebním vzorkem při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu. [22]

**Podstata zkoušky:** měření rychlosti proudu vzduchu procházejícího kolmo danou plochou zkušebního vzorku plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu. [22]

Odpovídající norma:

Zkouška odpovídá ČSN EN ISO 9237 (80 0817): "Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií".

#### 16.1.1. Zkušební zařízení

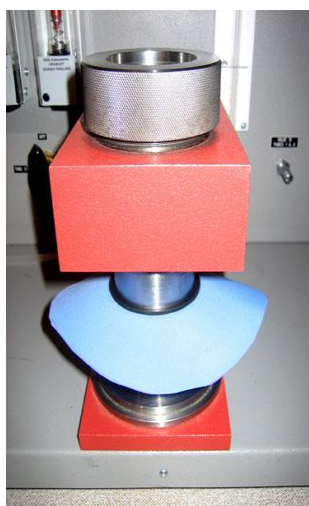
Přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu „SDL M 021 S“ (obr. 44) měří propustnost vzduchu u textilií a jiných porézních materiálů. S pomocí pedálu vývěvy (obr. 44) je nasáván vzduch přes vzorek textilie. Objem průtoku vzduchu [ $\text{ml.s}^{-1}$ ] se měří zvoleným průtokoměrem (obr. 44) vůči specifikovanému podtlaku. Ten lze nastavit pomocí přídavného digitálního měřidla „Almemo“ (obr. 46). Rozsah nastavitelného tlaku je do 2 kPa. Přístroj obsahuje čtyři průtokoměry (obr. 44) pokrývající rozsah toku

vzduchu od 0,1 do 400 [ml.s<sup>-1</sup>]. Hodnota rychlosti proudu vzduchu [ml.s<sup>-1</sup>] je odečítána na stupnicích průtokoměrů s pomocí pohyblivých plováků. Průtokoměry se volí přepínačem na předním panelu přístroje (obr. 44) Ventily A, B, C (obr. 44) regulují průtok vzduchu vzorkem textilie a zvoleným průtokoměrem. [22]

Upínací kruhová čelist přístroje (obr. 45) je vybavena pryžovými těsněními a umožňuje upínání vzorku textilie o velikosti plochy 20 cm<sup>2</sup>. [22]



*Obr. 44 Přístroj na měření propustnosti vzduchu SDL M 021 S [22]*



*Obr. 45 Přístroj na měření propustnosti vzduchu SDL M 021 S - upínací čelist [22]*



*Obr. 46 Přídavné digitální měřidlo  
Almemo [22]*

#### **16.1.2. Příprava vzorků**

Vzorky textilií určené pro zkoušení prodyšnosti, odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751, musí být před provedením zkoušky 24 hodin klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší - tj. relativní vlhkost  $(65 \pm 2) \%$  a teplota  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . [22]

Zkušební vzorky je nutné volit tak, aby reprezentovaly celkovou plochu vzorku potřebnou pro zjišťování prodyšnosti, vzorky nesmí vykazovat žádné známky poškození, pomačkání nebo provlhnutí. [22]

**Počet vzorků:** min. deset

**Rozměr vzorků:** min. 15 x 15 cm

#### **16.1.3. Postup zkoušky**

- Zajistit úplné uzavření ovládacích ventilů „A” a „C”. Ventil „B” je dávkovací, používaný spolu s ventilem „A” k jemnému seřizování a nesmí se nikdy uzavřít.
- Zkontrolovat vynulování digitálního měřidla tlaku „Almemo”, popř. manometru (v případě potřeby provést seřízení pomocí tlakového šroubu v pravé horní části přístroje, kterým se zvyšuje a snižuje hladina manometru).
- Upnout zkušební vzorek do kruhového držáku tak, aby bylo zabráněno vzniku záhybů.

Dotáhnout ochranný prstenec (zabraňuje pronikání vzduchu na okrajích

zkoušeného vzorku)

Vzorek upnutý do držáku lícem nahoru ... odolnost vůči pronikání větru z okolního prostředí.

Vzorek upnutý do držáku rubem nahoru ... prodyšnost směrem od organismu do okolního prostředí.

- Zvolit průtokoměr č. 4 pomocí přepínače průtokoměru.
- Sešlápnout pedál vývěvy.
- Nastavit pomalým otáčením ventilu „C” požadovaný tlakový spád na digitálním měřidle „Almemo”, popř. na trubici manometru. [22]

Doporučený tlakový spád uváděný v ČSN EN ISO 9237 (80 0817):

100 Pa pro oděvní plošné textilie

200 Pa pro technické plošné textilie

V případě, kdy doporučený tlakový spád nelze zajistit, je možné použít alternativní tlakový spád nižších nebo vyšších hodnot. Pro porovnání výsledků se doporučuje provádět zkoušení při stejném tlakovém spádu. [22]

**Odečíst po 1 min na průtokoměru hodnotu průtoku vzduchu v  $[ml.s^{-1}]$ .**

***Poznámka:***

- *Pokud se v průtokoměru č. 4 plovák nezvedne, uzavřít ventil „C” a průtokoměr č. 4. Zvolit průtokoměr č. 3 a zopakovat postup 6. a 7.*
- *Pokud se plovák nezvedne, uzavřít ventil „C” a zvolit průtokoměr č. 2.*
- *Pomalým otáčením ventilu „A” nastavit požadovaný tlakový spád. Po 1 min odečíst na průtokoměru hodnotu průtoku vzduchu v  $[ml.s^{-1}]$ .*
- *Pokud se plovák nezvedne, zvolit průtokoměr č. 1 a postup opakovat. [26]*

#### **16.1.4. Vyhodnocení zkoušky**

Propustnost vzduchu (prodyšnost)  $R$   $[mm.s^{-1}]$  zkoušeného vzorku plošné textilie je vyjádřena podle vzorce:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \cdot 10 \text{ [mm.s}^{-1}\text{]}$$

[8]

kde:

$\bar{q}_v$  ... aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu z jednotlivých měření v  $[\text{ml.s}^{-1}]$

$([\text{cm}^3.\text{s}^{-1}])$

A ... zkoušená plocha textilie v  $[\text{cm}^2]$   $A = 20 \text{ cm}^2$

10 ... přepočítávací faktor z  $[\text{ml.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}]$  na  $[\text{mm.s}^{-1}]$  [26]

Pro textilie s volnou vazbou a netkané textilie lze prodyšnost R vyjádřit v  $[\text{m.s}^{-1}]$  podle vzorce:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \cdot 10^{-2} [\text{m.s}^{-1}]$$

[9]

kde:

$\bar{q}_v$  ... aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu z jednotlivých měření v  $[\text{ml.s}^{-1}]$

$([\text{cm}^3.\text{s}^{-1}])$

A ... zkoušená plocha textilie v  $[\text{cm}^2]$   $A = 20 \text{ cm}^2$

$10^{-2}$ ... přepočítávací faktor z  $[\text{ml.s}^{-1}.\text{cm}^{-2}]$  na  $[\text{m.s}^{-1}]$  [22]

## 16.2. Výparný a tepelný odpor

Jak již bylo zmíněno, vlastnost materiálu převádět výpary do vnějšího prostředí (dýchat) se nazývá paropropustnost a udává se v  $\text{g/m}^2/24$  hod, tedy kolik vlhkosti v g propustí  $1\text{m}^2$  za den. Čím vyšší hodnota, tím materiál lépe „dýchá“. [22]

**Klasifikace prodyšnosti látek v těchto jednotkách je pak následující**

Ret < 6	velmi dobrá (nad $20000\text{g/m}^2$ za 24 hod)
Ret 6 - 13	dobrá ( $9000 - 20000\text{g/m}^2$ za 24 hod)
Ret 13-20	uspokojivá ( $5000 - 9000\text{g/m}^2$ za 24 hod)
Ret >20	neuspokojivá (pod $5000\text{g/m}^2$ za 24 hod)

*Tab. 6 Klasifikace prodyšnosti látek v jednotkách Ret*

Jiný údaj, vyjadřující schopnost „dýchat“, je prodyšnost, která udává odpor materiálu proti permanentnímu odpařování vlhkosti. Jednotkou je Ret ( $\text{Pa.m}^2/\text{W}$ ). Zde platí

opačně, že čím menší hodnota (menší odpor), tím materiál lépe dýchá. V následující kapitole jsou popsány obě metody tohoto měření a měření tepelného odporu materiálů.[22]

**Výparný odpor - Ret** [ $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$ ] je rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Výparný tepelný tok se může skládat jak z rozptýlených, tak i z konvekčních složek. Výparný odpor je veličina specifická pro textilní materiály nebo kompozity. [22]

**Definice: výparný odpor je** definován jako „latentní“ výparný tepelný tok procházející danou plochou, odpovídající ustálenému použitému tlakovému gradientu páry. [22]

Propustnost vodních par  $W_d$  [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ ] je vlastnost textilního materiálu nebo kompozitu závislá na výparném odporu a teplotě. [22]

**Podstata zkoušky:** při zkoušení výparného odporu je měřen prostup vodní páry, která se odpařuje z vody na kovové destičce a prostupuje zkušebním vzorkem. Zkušební vzorek však nesmí přijít do styku s vodou (tím by se mohly ovlivnit jeho tepelně-izolační vlastnosti), proto se při této zkoušce navíc vkládá mezi zkoušený vzorek a kovovou destičku membrána (propouštějící vodní páru nikoliv vodu). U zkušebního vzorku umístěného na membránu je tepelný tok, nutný pro zachování teploty na destičce, určen mírou rychlosti vypařování vody. Čím více je vzorek pro vodní páru propustný, tím snáze se voda z kovové destičky odpařuje a tím více tepla je kovové destičce odnímáno. Při této zkoušce proto není vhodné, aby současně vznikal také tepelný tok způsobený rozdílnou teplotou na obou površích zkušebního vzorku. Proto je zde teplota ofukujícího vzduchu udržována na stejné výši jako teplota kovové destičky, tedy zpravidla na 35 °C. [22]

**Index propustnosti vodních par**  $\text{imt}$  [-] je poměr tepelného odporu k výparnému odporu. Hodnota propustnosti vodních par  $\text{imt}$  se pohybuje v rozmezí od 0 do 1, kde 0 značí materiál nepropouštějící vodní páru (tedy který má nekonečný odpor vůči vodním parám) a 1 značí materiál s odporem vůči vodním parám stejným jako má vrstva vzduchu shodné tloušťky. [22]

**Tepelný odpor - Rct** [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ] je rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Tepelný odpor je specifická vlastnost textilních plošných útvarů nebo kompozit, která určuje



suchý tok tepla danou plochou v důsledku aplikovaného stacionárního gradientu teploty. Suchý tepelný tok může sestávat z jedné nebo více vodivých, konvekčních a sálavých komponent. [22]

Zkušební vzorek je při zjišťování tepelné odolnosti položen na elektricky vyhřívané topné destičce, na níž se udržuje stálá teplota, zpravidla 35 °C. Vnější povrch vzorku je vystaven proudu klimatizovaného vzduchu, proudícího paralelně s povrchem zkušební vzorku. Jeho teplota je stálá, zpravidla 20 °C. Ve zkušebním vzorku tak vznikne tepelný tok, který se měří po dosažení ustáleného stavu. Při výpočtu tepelného odporu zkoušeného vzorku  $R_{ct}$  se od naměřené hodnoty odečítá tepelný odpor mezní vzduchové vrstvy nad povrchem zkušební zařízení  $R_{ct0}$ . Tepelný odpor samotné vzduchové vrstvy se měří za stejných podmínek jako tepelný odpor zkoušeného vzorku, pouze při jejím měření není na destičce položen žádný vzorek.[22]

**Odpovídající norma:** Zkouška odpovídá ČSN EN 31092 (80 0819), ISO 11092: „Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)”.

#### 16.2.1. Zkušební zařízení

Přístroj pro měření tepelného odporu a výparného odporu PSM-2 (obr. 47,48) od firmy GF Instruments, s.r.o. [22]



*Obr. 47 Přístroj pro měření tepelného odporu a výparného odporu PSM-2 [22]*

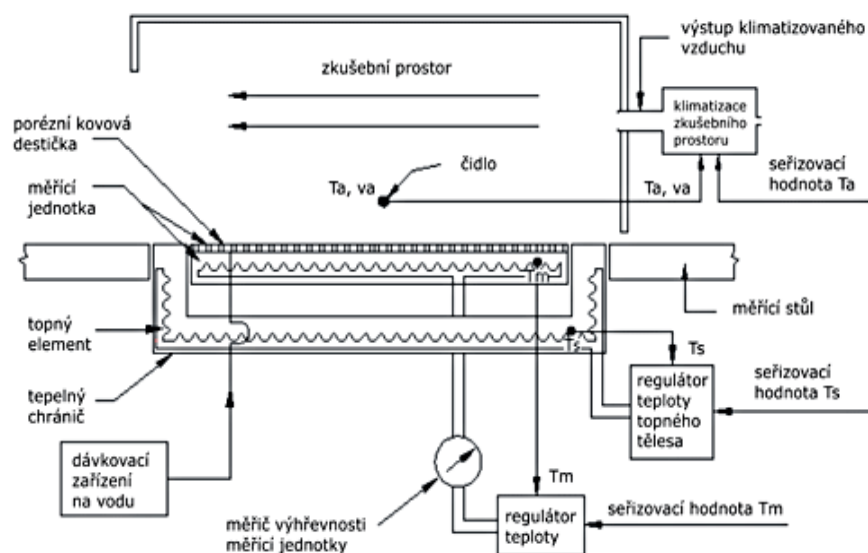


*Obr. 48 PSM-2(Physiological skin model)[22]*

#### **Měřicí jednotka (deska) s regulací teploty a přívodu vody (obr. č. 49)**

Hlavní částí je porézní kovová destička, která přichází do styku se zkoušeným vzorkem a má v jistém ohledu modelovat lidskou kůži. Destička je připevněna ke kovovému bloku, ve kterém je zabudováno její elektrické vyhřívání. Tloušťka topné destičky je přibližně 3 mm a její povrch je alespoň 0,04 m<sup>2</sup>. Póry v kovové destičce slouží k umožnění prostupu vodních par, což má význam u zkoušky odporu vůči nim (tato zkouška je též nazývána jako zkouška pocením). Pro kovovou destičku je dále určeno, že koeficient sálavého vyzařování jejího povrchu musí být větší než 0,35 (měřeno při teplotě 20 °C) v rozmezí vlnových délek 8 až 14 mm a ve směru dopadu záření kolmo k povrchu kovové destičky. [22]

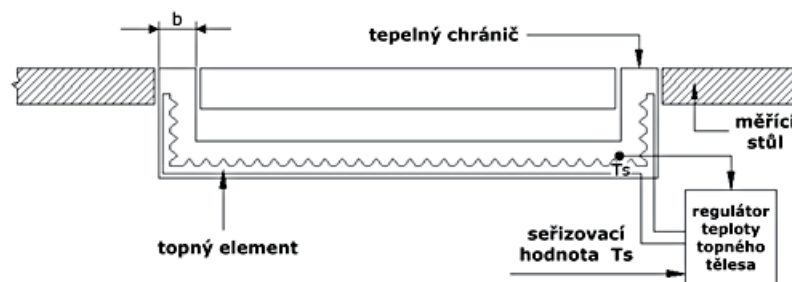
Voda je do měřicí jednotky přiváděna z dávkovacího zařízení. To se aktivuje spínačem hladiny zabudovaným v kovové destičce, jestliže úroveň vody klesne o více než 1 mm pod její povrch. Přiváděná voda musí být přehřátá na teplotu destičky. V měřicí jednotce je zabudováno teplotní čidlo, které měří teplotu  $T_m$ .  $T_a$  je udržována na stálé hodnotě 35 °C v rozmezí  $\pm 0,1$  °C. Výhřevnost  $H$  musí být stanovitelná pomocí vhodného vyhřívacího měřicího zařízení v celém použitelném rozsahu mezi  $\pm 2$  %. [22]



Obr. 49 PSM-2 - hlavní měřicí jednotka [22]

### Tepelný chránič s kontrolou teploty (obr. 50)

Další součástí zkušebního zařízení je tepelný chránič - kovový blok (tvaru vaničky) s vestavěným vyhřívacím elementem. Slouží k zabránění úniku tepla z měřicí jednotky dolů a do stran. Měřicí jednotka je do tepelného chrániče vložena, přičemž vzdálenost mezi kovovou destičkou a obvodem otvoru v chrániči může být nejvýše 1,5 mm. Tloušťka stěny tepelného chrániče (značí se  $b$ ) musí být nejméně 15 mm. S jeho pomocí může rovněž probíhat vlhkostní ochrana. V takovém případě je navíc vybaven porézní destičkou a dávkovacím systémem na vodu, podobně jako měřicí jednotka. V tepelném chrániči je zabudováno čidlo měřící jeho teplotu  $T_s$ .  $T_a$  je udržována na stejné výši jako teplota měřicí jednotky  $T_m$ , tedy  $35\text{ °C}$ , v rozmezí  $\pm 0,1\text{ °C}$ . [22]



Obr. 50 PSM-2 - tepelný chránič [22]

### Zkušební prostor

Další součástí zařízení je zkušební prostor (obr. 51). Nachází se nad měřicí jednotkou a okraji tepelného chrániče, do něhož se vkládá zkoušený vzorek. Ve zkušebním prostoru musí být regulována teplota a vlhkost vzduchu. Klimatizovaný vzduch musí být veden potrubím tak, aby proudil nad a paralelně s vrchním povrchem měřicí jednotky a tepelným chráničem. Výstup vzduchového potrubí je vyveden nejméně 50 mm nad povrch měřicí jednotky. Teplota proudícího vzduchu  $T_a$  musí být regulována s přesností  $\pm 0,1$  °C po celou dobu zkoušky. Relativní vlhkost proudícího vzduchu musí být udržována na stálé výši 65 % v rozmezí  $\pm 3$  %. Tento proud vzduchu je měřen při teplotě vzduchu  $T_a$  20 °C, v bodě nad středem nezakryté měřicí jednotky ve vzdálenosti 15 mm nad měřicím stolem. Zde naměřená rychlost proudění  $v_a$  musí vykazovat střední hodnotu  $1 \text{ m.s}^{-1}$ , přičemž odchylka během trvání zkoušky nesmí být větší než  $\pm 0,05 \text{ m.s}^{-1}$ . Je rovněž důležité, aby měl proud vzduchu v tomto bodě určitý stupeň turbulence. Ten se vyjadřuje variačním koeficientem rychlosti proudění vzduchu, což je podíl směrodatné odchylky rychlosti proudění vzduchu  $s_v$  k rychlosti proudění vzduchu  $v_a$ . Stupeň turbulence  $s_v/v_a$  musí být v rozmezí 0,05 až 1. Jeho měření má podle normy probíhat přibližně v 6s intervalech po dobu nejméně 10 min. [22]



*Obr. 51 PSM-2 - zkušební prostor [22]*

### **16.2.2. Příprava vzorků**

Vzorky textilií určené pro zkoušení propustnosti vodních par jsou odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751. Musí být před provedením zkoušky klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší (relativní vlhkost  $40 \pm 2 \%$  a teplota  $20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a to nejméně 12 hodin u vzorků, jejichž tloušťka je menší než 5 mm, a 24 hodin u vzorků, jejichž tloušťka je větší než 5 mm. [22]

Zkušební vzorky musí být umístěny tak, aby ležely rovně na měřící jednotce tou stranou, která v praxi pokrývá lidské tělo. V případě vícenásobných vrstev, musí být vzorky sestaveny a složeny tak, jako jsou na lidském těle. K upevnění krajů zkušebního vzorku lze použít přilnavý pásek nepropouštějící vodní páry, nebo rám z lehkého kovu. [22]

Z různých míst zkoušené plošné textilie se vystříhnou vzorky daných rozměrů. U vzorků, jejichž tloušťka je menší než 5 mm, musí být rozměry alespoň takové, aby povrch zcela zakrýval měřící jednotku i tepelný chránič. Vzorky, jejichž tloušťka je větší než 5 mm, vyžadují speciální zkušební postup se zabráněním tepelným ztrátám a úniku vodních par z jejich okrajů (boků). Při měření tepelného odporu vzorků, jejichž tloušťka je větší než přibližně dvojnásobek tloušťky stěny tepelného chrániče, je nutné korigovat tepelné ztráty boků zkušebního vzorku. [22]

**Počet vzorků:** min. tři

**Rozměr vzorků:** 28 x 28 cm

### **16.2.3. Postup zkoušky**

- Přístroj zapnout hlavním vypínačem na předním panelu.
- V počítači vybrat a spustit program PSM-2.
- Vybrat typ měření:

### **Měření výparného odporu**

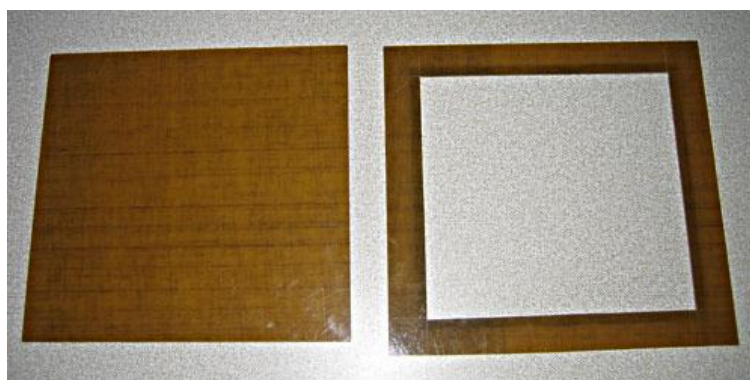
- Nastavit klimatické podmínky pro zkoušení - relativní vlhkost  $40 \pm 2 \%$ , teplota  $20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Naplnit oba zásobníky destilovanou vodou a otevřít plnicí ventil.
- Po spuštění „Výparného odporu“ probíhá temperace přístroje a plnění vodou. Po ukončení temperace počítač vyzve k vložení vzorku.
- Opatrně polít (před vložení vzorku) měřicí desku destilovanou vodou a rozetřít ji do rovnoměrného zvlhčení. Na desku poté položit celofánovou membránu upravenou tak, aby přesahovala v suchém stavu měřicí desku o max. 5 mm na každé straně. Membránu přitisknout k měřicí desce a přebytečnou vodu vytlačit do stran a zbavit se vzduchových bublin. Na membránu položit rámeček s osazením.
- Vložit vzorek, vložit rámeček bez osazení, nasadit kryt měřicí desky a zvolit „Pokračovat“
- Zadat název souboru pro ukládání naměřených dat, vyplnit položky „Materiál“ a „Vzorek“ a zvolit „Pokračovat“. Po ukončení měření se zobrazí naměřené veličiny v informačním poli v levé dolní části obrazovky (možno též dopsat poznámky).
- Pokračovat dalším měřením.
- Po ukončení všech měření vysušit měřicí prostor – kliknutím na „Vysoušení“. Odkrýt měřicí prostor, měřicí desku vysunout do horní polohy, vyjmout celofánovou fólii a desku osušit. Otevřít vypouštěcí kohout a vyprázdnit vodu ze zásobníku. Dále již probíhá vysoušení automaticky (cca 60 min). [22]

### **Měření tepelného odporu**

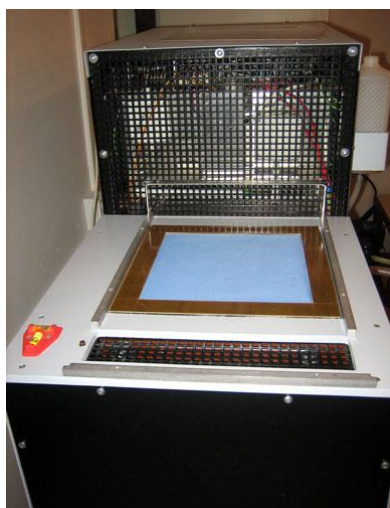
- Nastavit klimatické podmínky pro zkoušení - relativní vlhkost  $65 \pm 2 \%$ , teplota

$20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Po spuštění „Tepelného odporu“ probíhá temperace přístroje (cca 15 min). Po ukončení temperace počítač vyzve k vložení vzorku.
- Vložit vzorek na měřicí desku, vložit rámeček bez osazení, nasadit kryt měřicí desky a zvolit „Pokračovat“
- Zadat název souboru pro ukládání naměřených dat, vyplnit položky „Materiál“ a „Vzorek“ a zvolit „Pokračovat“. Po ukončení měření se zobrazí naměřené veličiny v informačním poli v levé dolní části obrazovky (možno též dopsat poznámky). "
- Pokračovat dalším měřením. [22]



*Obr. 52 PSM-2 - rámeček [22]*



*Obr. 53 PSM-2 - umístění vzorku [22]*



Obr. 54 PSM-2 - kryt [22]

#### 16.2.4. Vyhodnocení zkoušky

U obou metod – „Tepelný odpor” i „výparný odpor” – jsou naměřené parametry přímo vyhodnoceny měřicím softwarem a zobrazeny v informačním poli dané metody v levé dolní části obrazovky.[22]

#### Výparný odpor:

- Teplota měřící jednotky:  $T_m [^{\circ}\text{C}]$
- Teplota tepelného chrániče:  $T_s [^{\circ}\text{C}]$
- Teplota vzduchu ve zkušební prostor:  $T_a [^{\circ}\text{C}]$
- Rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušební vzorku:  $v_a [\text{m.s}^{-1}]$
- Vlhkost vzduchu:  $r. v. [\%]$
- Výhřevnost:  $H [\text{W}]$
- Výparný odpor:  $Ret [\text{m}^2. \text{Pa} . \text{W}^{-1}]$  [22]

$$Ret = \frac{(P_m - P_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} - R_{et0}$$

[10]



kde:

$\Delta H_e$  ... korekce pro výhřevnost při měření výparného odporu [22]

$$\Delta H_e = \beta \cdot (T_m - T_s)$$

[11]

kde:

$\beta$  ... kalibrační konstanta přístroje (postup stanovení – viz ČSN EN 31092)

$R_{ct0}$  ... konstanta přístroje pro měření výparného odporu [ $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$ ] (postup stanovení – viz ČSN EN 31092) [22]

#### **Tepelný odpor:**

- Teplota měřící jednotky:  $T_m$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Teplota tepelného chrániče:  $T_s$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Teplota vzduchu ve zkušebním prostoru:  $T_a$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušební vzorku:  $v_a$  [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
- Výhřevnost:  $H$  [ $\text{W}$ ]
- Tepelný odpor:  $R_{ct}$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ] [22]

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} - R_{ct0}$$

[12]

$\Delta H_c$  ... korekce pro výhřevnost při měření tepelného odporu [22]

$$\Delta H_c = \alpha \cdot (T_m - T_s)$$

[13]

$\alpha$  ... kalibrační konstanta přístroje (postup stanovení – viz ČSN EN 31092)

$R_{ct0}$  ... konstanta přístroje pro měření tepelného odporu [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ] (postup stanovení – viz ČSN EN 31092) [22]

### 16.3. Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií ČSN 80 0855

#### Předmět normy

Norma popisuje postup při zkoušce zjišťování propustnosti textilií pro vodní páry.

#### Definice

Podle této normy se udává propustnost pro vodní páry v %. „Je to poměr přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce bez textilie.“ [23]

Vodní páry, které procházejí za daných podmínek plošnou textilií, jsou absorbovány vysoušedlem. Stanoví se jeho přírůstek hmotnosti. Zkouška absorpce vodních par v misce se vzorkem probíhá paralelně se zkoušením v misce bez vzorku. [23]

#### 16.3.1. Zkušební zařízení

**Klimatizační skříň** – (obr. 55) teplotu musí dodržet s přesností  $\pm 2$  °C a maximální rychlost proudění vzduchu musí být 0,2 m/s. [23]



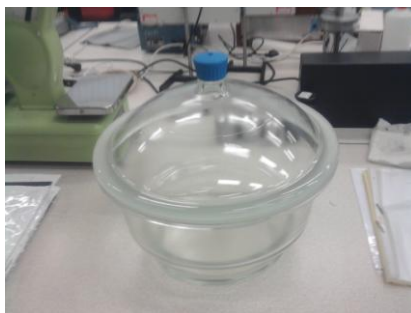
Obr. 55 Klimatizační skříň

**Analytické váhy** – (obr. 56) přesnost vah musí být  $10^{-4}$  g. [23]



Obr. 56 Analytické váhy

**Exikátor** – (obr. 57) slouží pro manipulaci s miskami poté, co se vyjmou z klimatizační skříně. [23]



*Obr. 57 Exikátor*

**Lehké hliníkové eloxované zkušební misky** – (obr. 58) mají kruhový tvar, o průměru 61,9 mm. [23]



*Obr. 58 Zkušební miska*

**Víčka a matice s těsnícím kroužkem** – pro utěsnění vzorku (obr. 58). **Raznice** – průměr 71,4 mm.

**Vysoušedlo** – silikagel T středně porézní o zrnitosti 0,4 - 1,6 mm (obr. 58). [23]

### **16.3.2. Příprava vzorků**

Pro odběr zkušebních vzorků musí být splněny podmínky dle normy ČSN 80 0072. Tvar vzorku musí být kruhový o ploše 30 cm<sup>2</sup>. Poté je potřeba zkušební vzorky klimatizovat dle normy ČSN 80 0061. [23]

### **16. 3.3. Postup zkoušky a podmínky testování**

Zkouška se provádí v klimatizované místnosti. Expozice v klimatizační skříně probíhá při ustálených podmínkách: teplota  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , relativní vlhkost  $\varphi = 65 \pm 2\%$  a

maximální rychlost proudícího vzduchu  $v = 0,2 \text{ m/s}$  v okolí zkušebních misek. U každého materiálu se provádí zároveň zkoušky na 5 miskách se vzorkem a na 5 miskách bez vzorku. [23]

### **Postup zkoušky:**

- 1) Všech 10 zkušebních misek je potřeba naplnit silikagelem o hmotnosti  $30 \pm 0,1 \text{ g}$ , poté se misky s odklopenými víčky a rovnoměrně rozprostřeným silikagelem vloží do sušárny (obr. 59). Sušení trvá 4 hodiny a probíhá při teplotě:  $t = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . [23]



*Obr. 59 Sušárna*

- 2) Zkušební misky se vyjmou ze sušárny, zavíčkují a vloží do exikátoru se silikagelovou náplní (obr. 60) a nechají se vychladnout na teplotu zkušebního prostředí. [23]



*Obr. 60 Zavíčkované misky v exikátoru po vyjmutí ze sušárny*

3) Misky se vyjmou z exikátoru, uvolní se matice a do 5 z nich se vypnou předem klimatizované vzorky. Po upnutí vzorku (obr. 61) se misky zavíčkují a zváží s přesností  $10^{-4}$  g, čímž zjistíme hmotnost silikagelu s textilním vzorkem a bez textilního vzorku. [23]



*Obr. 61 Upnuté vzorky v 5 miskách*

4) Zvážené misky se vloží do klimatizační skříně, odklopí se víčka a zkoušené vzorky se 3 hodiny exponují.

5) Po vyjmutí z klimatizační skříně se misky opět zavíčkují, počká se na vyrovnání teploty misek s teplotou okolí a zváží se opět s přesností  $10^{-4}$ . Rozdíl hmotnosti odpovídá množství par, které do sebe silikagel absorboval. [23]

#### 16.3.4. Vyhodnocení zkoušky

Poměr přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce bez textilie:

$$P\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta m_v}{\sum_{i=1}^5 \Delta m_s} \cdot 100\%$$

[14]

kde:

$M_v$  přírůstek hmotnosti vysoušedla s textilií [g]

$M_s$  přírůstek hmotnosti vysoušedla bez textilie [g] [23]

## 16.4. Tloušťka

**Tloušťka textilie** [m] je **definována** jako kolmá vzdálenost mezi dvěma definovanými deskami, za působení přtlaku 1 kPa nebo nižšího. [22]

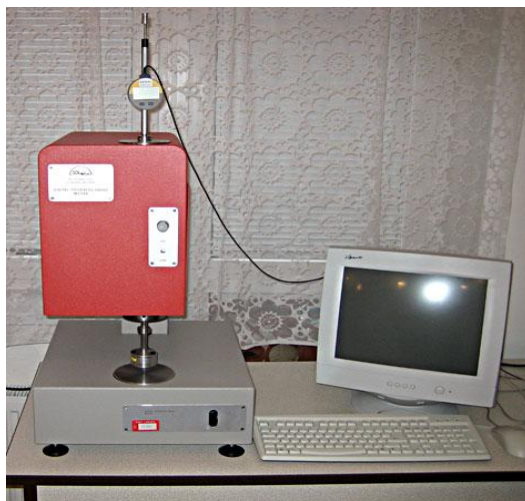
**Měření tloušťky** textilie spočívá v měření vzdálenosti mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn a paralelním kruhovým přitlačným kotoučem, který vyvíjí specifikovaný přtlak na zkoušenou plochu. Po stanovené době ( $30 \pm 5$  s.) se odečte kolmá vzdálenost mezi deskami z měřidla a zaznamená se. [22]

**Odpovídající norma:** Zkouška odpovídá normě ČSN EN ISO 5084 (80 0844): „Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků”. [22]

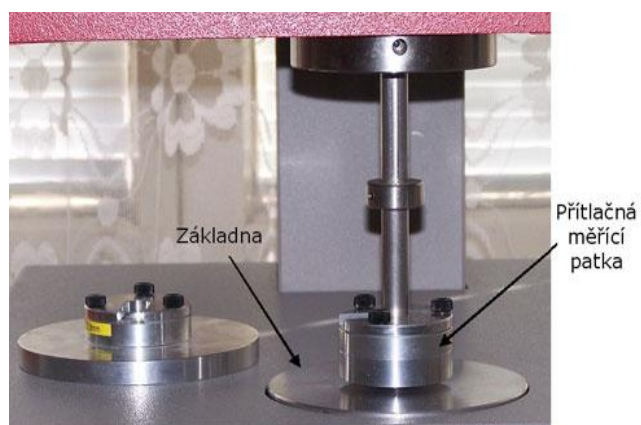
### 16.4.1. Zkušební zařízení

Přístroj Tloušťkoměr „SDL M 034 A” (obr. 59) je vhodný pro zjišťování tloušťky plošných textilií podle ČSN EN ISO 5084 (80 0844) a ISO 5085-1. [22]

- Tloušťkoměr je vybaven těmito součástmi:
- Vyměnitelné přitlačné kotouče - Doporučená plocha je  $(2\,000 \pm 20)$  mm<sup>2</sup>, což odpovídá přitlačnému kotouči o průměru  $(50,5 \pm 0,2)$  mm. Pokud se nepoužije plocha přitlačného kotouče o průměru  $(50,5 \pm 0,2)$  mm, postupuje se takto:
- pro úzké textilie, tj. s užitnou šířkou menší než 50 mm je zkušební plocha  $(100 \pm 1)$  mm<sup>2</sup>, což odpovídá přitlačnému kotouči o průměru  $(11,28 \pm 0,05)$  mm;
- pro jiné textilie je zkušební plocha  $(10\,000 \pm 100)$  mm<sup>2</sup>, která odpovídá přitlačnému kotouči o průměru  $(112,84 \pm 0,5)$  mm.
- Základní deska s rovným horním povrchem o průměru alespoň o 50 mm větším, než je průměr přitlačného kotouče
- Měřicí patka umožňující pohyb přitlačného kotouče (ve směru kolmém k hornímu povrchu základní desky) tak, aby jeho dosedací plocha zůstala v horizontální poloze a byla rovnoběžná s horním povrchem základní desky a mohl tak být aplikován přtlak  $(1 \pm 0,01)$  kPa nebo  $(0,1 \pm 0,001)$  kPa na zkušební vzorek, uložený na základní desce. Přtlak  $(0,1 \pm 0,001)$  kPa se použije například pro počesané, vlasové nebo smyčkové tkaniny a určité úplety.
- Digitální snímač umožňující registraci vzdálenosti mezi dosedací plochou přitlačného kotouče a základní deskou s přesností na 0,01 mm.
- Stopky [22]



*Obr. 62 SDL M034 A  
- Tloušťkoměr [22]*



*Obr. 63 SDL M034 A  
- Tloušťkoměr - přítlačná čelist a základna [22]*



*Obr. 64 SDL M034 A  
- Tloušťkoměr - umístění vzorku [22]*



*Obr. 65 SDL M034 A  
- Tloušťkoměr -digitální  
snímač [22]*

#### **16.4.2. Příprava vzorků**

Vzorky textilií určené pro měření tloušťky jsou odebírány z plošné textilie podle ČSN EN 12751, musí být před provedením zkoušky 24 hodin klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší, tj. relativní vlhkost  $(65 \pm 2) \%$  a teplota  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . [22]



Zkušební vzorky je nutné volit tak, aby reprezentovaly celkovou plochu textilie potřebnou pro zjišťování tloušťky a nevykazovaly žádné známky poškození. [22]

**Počet vzorků:** min. pět

**Rozměr vzorků:** plocha větší než je plocha základní desky tloušťkoměru

### 16.4.3. Postup zkoušky

#### Postup ovládání digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A:

1. Spustit periferie (přístroj, tiskárna, monitor).
2. Spustit PC – zobrazí se C:\THICK na výzvu C:\ a potvrdit stiskem klávesy ENTER.  
(v režimu C:\THICK je možno přístroj vypnout).
3. MENU:

1	START NEW TEST	zahájit novou zkoušku
2	OPEN TEST FILE	otevřít soubor zkoušek
3	LIST TEST FILES	seznam souborů zkoušek
4	FILE OPTIONS	možnosti souboru
5	SELECT UNITS	zvolit jednotky
6	EXIT TO DOS	výstup do DOS

*Tab. 7 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A*

**Pozn.:** FILE OPTIONS: zápis na „A” – volba před započítáním zkoušky!

1. Zahájení nové zkoušky: volbou jednotek SELECT UNITS z otvíracího menu stisknutím klávesy 5.
2. Ve spodní části obrazovky se zobrazí „ENTER 1 - for Pa; 2 - for psi; 3 - for grams”. Toto umožňuje volbu jednotek pro zatížení. Stisknutím 1 se zatížení bude zobrazovat v Pascálech (stisknutím 2 se bude zobrazovat v librách na čtvereční palec a 3 v gramech).
3. Po výběru jednotek zatížení se na spodní části obrazovky objeví „ENTER 1 - for inches (palce); 2 - for mm” – (jednotky tloušťky). Výběr provést obdobně jako pro zatížení. Po zvolení jednotek tloušťky se znovu změní text ve spodní části obrazovky, objeví se: „Set the dial gauge to read in mm/inches press space bar to continue.”

(Nastavit měřidlo na odečítání v mm/palcích, pokračovat stisknutím mezerníku). Na měřidle na přístroji nastavit stejné jednotky tloušťky, jaké jsou zvoleny na PC. Pro zvolení jednotek tloušťky stisknout levé tlačítko na měřidle – přeskakuje mezi mm/inch. Jakmile budou jednotky na měřidle shodné s jednotkami zvolenými na počítači, stisknout MEZERNÍK (Space Bar) na klávesnici a tím se vrátit do otevíracího menu.

4. Pro ukládání získaných výsledků na disketu v mechanice A: zvolit verzi 4 FILE OPTIONS z otevíracího menu stisknutím klávesy 4. Zobrazí se text „Read write results on drive A: Y/N“. Pro přepsání výsledků na disketě v mechanice A, stisknout Y; jinak stisknout N. Po provedení výběru se program vrátí do otevíracího menu. [22]

**Poznámka:**

*Po zvolení psaní výsledků na disketu je nutné se vrátit zpátky a zrušit tuto volbu dříve, než bude moci uložit nebo číst jakékoliv výsledky na hard disku. [22]*

Po zvolení správných jednotek a mechaniky zvolit možnost 1 START NEW TEST z otevíracího menu. Obsluha bude nyní požádána o vložení následující informace:

a.	ENTER TEST REFERENCE	napsat referenční údaje (název testu)
b.	ENTER STANDARD	napsat číslo platné normy (ČSN EN ISO 5084)
c.	ENTER FOOT AREA IN cm <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>	napsat přítlačnou plochu (20-100cm <sup>2</sup> )
d.	ENTER LOAD IN grams/Pa	napsat sílu přítlaku v g (Pa)
e.	ENTER USER	napsat uživatele

*Tab. 8 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A – vložení požadovaných informací*

Na spodní části obrazovky se zobrazí text:

„INSERT NEW SAMPLE, THEN PRESS SPACE BAR TO DOWNLOAD READING/ ESC TO END TEST“

„vložit nový vzorek, potom stisknout mezerník pro načítání / ESC pro ukončení zkoušky“ [22]

### Průběh zkoušky:

1. Pomocí dvoupolohového ovladače v dolní části přístroje (obr. 66) zabezpečit dostatečné nadzvednutí přitlačné patky, aby byl dostatek prostoru pro vložení vzorku.

2. Vzorek má svoji vlastní hmotnost, která se musí od měření eliminovat. Po umístění vzorku na základnu je proto nutné stisknout mezerník na klávesnici. [22]

Text na spodní části obrazovky se změní následovně:

\*\*\* (load reading in grams – zátěž v g)\*\*\*

LOAD SAMPLE TO (\*\*\*\*\*) This is the reading in grams

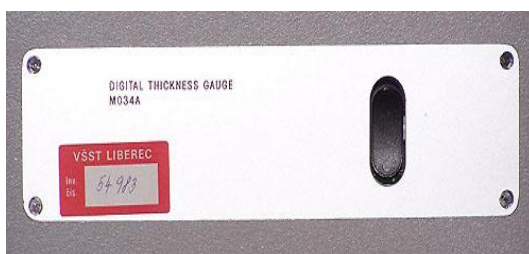
Esc to ABORT

ZATÍŽIT VZOREK NA (\*\*\*\*) Toto je hodnota v g

(Esc pro přerušení)

**Pozn.:** Hodnoty na spodní části obrazovky budou vždy konvertovány a potom zobrazeny v gramech, bez ohledu na to, jaké jednotky byly zvoleny.

1. Vynulovat vážící základnu pomocí knoflíku ZERO na předním panelu.
2. Vyjmout vzorek – hodnota zátěže na obrazovce bude nyní negativní.
3. Rychlým chodem (přepínač fast/slow) spustit přitlačnou patku až bude asi 1 mm nad měřicí základnou. [22]



Obr. 66 SDL M034 A  
- Tloušťkoměr - dvoupolohový ovladač [26]

Zapnout pomalou (slow) rychlost. Ke spouštění přitlačné patky použít dvoupolohový ovladač (nahoru/dolů), až do okamžiku, kdy se dostane do kontaktu se základnou a zobrazí se správný přítlak. Jeho dosažení je oznámeno zvukovým signálem z počítače a na obrazovce se automaticky zobrazí výsledky. Po zaznění signálu, uvolnit ovladač (nahoru/dolů). Měřidlo nyní může být nastaveno na nulu stisknutím pravého tlačítka na

měřidlo. Zdvihnout přítlačnou patku tak, aby se vytvořil dostatečný prostor pro vložení vzorku. [22]

**Poznámka:**

- *Motor má tři rychlosti: rychlou, pomalou a velmi pomalou. Pro výběr rychlé nastavit ovládací přepínač na předním panelu do rychlé pozice (fast) a stlačit dvoupolohový ovládač (nahoru/dolů) naplno, čímž se zapne rychlý pohyb.*
- *Pro výběr pomalé rychlosti nastavit ovládací přepínač do pomalé pozice. V této poloze stlačit dvoupolohový ovládač (nahoru/dolů) do jeho první polohy, čímž se dosáhne velmi pomalé rychlosti. Dalším stisknutím ovládače do jeho plného rozsahu se dosáhne pomalé rychlosti. [22]*

Po vynulování snímače výšky a po aplikaci požadovaného přítlaku, kdy byla započítána hmotnost vzorku a přítlačná patka byla zvednuta, se na spodní části obrazovky se objeví text:

„A - to accept ; R - to reject (A- potvrdit, R - odmítnout)“.

Stisknutím R se odmítne výsledek, který byl načten během nulování, na snímači výšky. Tloušťkoměr je nyní připraven k měření.

1. Položit vzorek na měřicí základnu a stisknout mezerník. Na displeji se zobrazí hodnota zatížení. Tlakoměr by měl ukazovat nulu. Spouštět přítlačnou patku dolů, jak je popsáno v bodech 6. a 7. (za použití velmi pomalé rychlosti), až do zaznění zvukového signálu z počítače, kdy se na monitoru zobrazí výsledky.
2. Výsledky lze nyní akceptovat (A) nebo odmítnout (R). K provádění další zkoušky opakovat postup podle bodu 8.
3. Po skončení zkoušek stisknout ESC. Zobrazí se statistická analýza s textem:

1	PRINT RESULTS	vytisknout výsledky
2	SAVE RESULTS	uložit výsledky do paměti
3	START NEW TEST	zahájit novou zkoušku

Tab. 9 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A- po skončení zkoušky

**Poznámka:**

- *Pro tisk výsledků zvolit možnost 1 stiskem klávesy 1.*

- Pro uložení výsledků do paměti zvolit možnost 2 stiskem klávesy 2. Na displeji se objeví text: „ENTER FILE NAME” (vložit název souboru).
- Napsat název souboru (nejvíce 8 znaků) a stisknout ENTER. Výsledky zkoušky se nyní uloží do souboru a program se vrátí k zobrazení statistické analýzy.
- Pro návrat do otevíracího menu zvolit možnost 3 stiskem klávesy 3. [22]

### **Vyvolávání dat:**

1. Pro prohlížení seznamu dříve uložených souborů zvolit možnost 3 LIST FILES z otevíracího menu stisknutím klávesy 3. Tím se zobrazí seznam souborů uložených v adresáři programu, nebo na disketě, A pokud je prohlížena. K vystoupení z tohoto adresáře stisknout mezerník pro návrat do otevíracího menu.
2. K opětovnému vyvolání dříve uložených zkoušek zvolit možnost 2 OPEN TEST FILE z otevíracího menu. Na displeji se pak zobrazí text:  
ENTER FILE NAME (vložit název souboru) [22]

### **Opouštění programu:**

K opuštění programu z otevíracího menu zvolit možnost 6 - EXIT TO DOS. Tím se program uzavře a vrátí se k výzvě C:\. [22]

#### **16.4.4. Vyhodnocení zkoušky**

Z naměřených hodnot tloušťky se vypočítá:

- aritmetický průměr s přesností na 0,01 [mm] :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

[15]

- variační koeficient s přesností na nejbližší 0,1 [%] :

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%]$$

[16]

- s ... směrodatná odchylka
- 95% konfidenční interval s přesností na nejbližší 0,01 [mm] :

Pro  $n > 150$ :

$$IS = \bar{x} \pm 1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

[17]

s... směrodatná odchylka

n ... počet měření

Pro  $n < 150$ :

$$IS = \bar{x} \pm t_{0,025(n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

[18]

$t_{0,025(n-1)}$  ... konstanta z tabulek Studentova rozdělení [22]

## 17. Zpracování výsledků měření

V následující kapitole jsou uvedeny tabulky výsledků měření, grafy z výsledků jednotlivých měření, statistická vyhodnocení výsledků měření, vyhodnocení zkoušek a porovnání výsledků měření. Protokoly o provedených zkouškách jsou součástí diplomové práce v příloze č 1.

**Protokol o zkoušce musí obsahovat:**

- Datum provedení zkoušky
- Teplota a vlhkost v laboratoři
- Identifikace vzorku

- Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)
- Nastavené technické parametry přístroje (např. teplotní rozdíl)
- Počet měření
- Odchyłky od běžného postupu měření
- Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností v příslušných jednotkách
- Variační koeficient v procentech

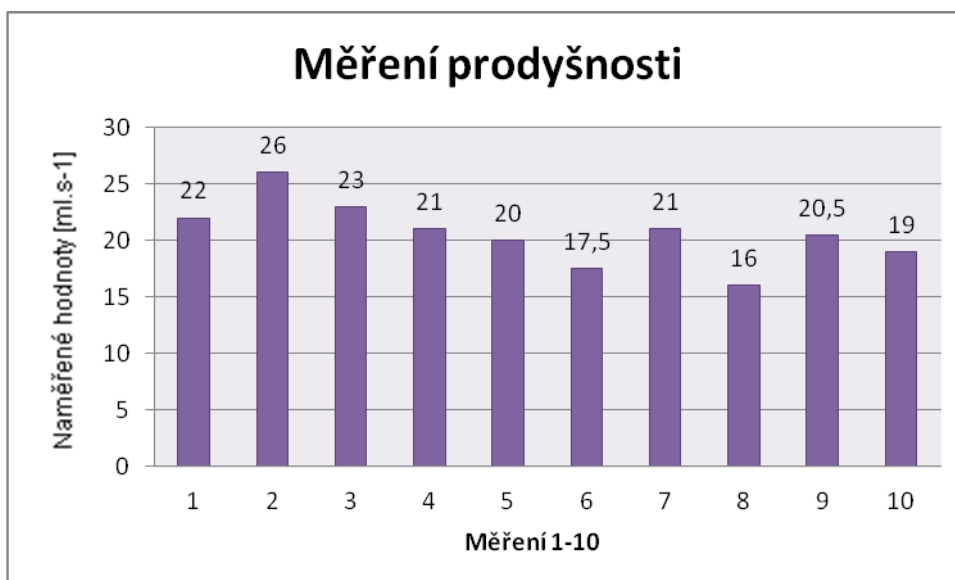
**Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S, materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira**

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

Číslo vzorku	Vz.1	Vz.2	Vz.3	Vz.4	Vz.5	Vz.6	Vz.7	Vz.8	Vz.9	Vz.10
Prodyšnost [ml.s <sup>-1</sup> ]	22	26	23	21	20	17,5	21	16	20,5	19

*Tab. 10 Naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*

**Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji SDL M 021 S:**



*Graf 1 Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S plyne, že minimální hodnoty prodyšnosti  $16[\text{ml.s}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 8 a maximální hodnoty prodyšnosti  $26[\text{ml.s}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 2. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu  $16\text{--}26[\text{ml.s}^{-1}]$ . Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

**Statisticky vyhodnocené výsledky měření:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b><math>26[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b><math>16[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Median</b>	<b><math>20,75[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>2,66</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b><math>20,6[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>12,9[%]</b>

*Tab. 11 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián  $20,75[\text{ml.s}^{-1}]$ , směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 2,66, průměrná hodnota všech měření  $20,6[\text{ml.s}^{-1}]$  a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 12,9[%].

**Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S, materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

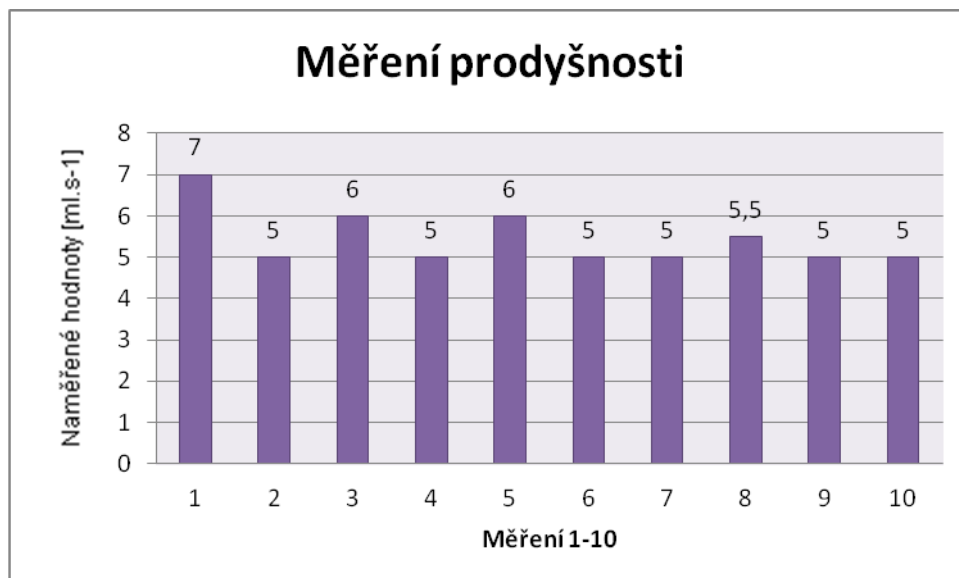
Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

<b>Číslo vzorku</b>	<b>Vz.1</b>	<b>Vz.2</b>	<b>Vz.3</b>	<b>Vz.4</b>	<b>Vz.5</b>	<b>Vz.6</b>	<b>Vz.7</b>	<b>Vz.8</b>	<b>Vz.9</b>	<b>Vz.10</b>
<b>Prodyšnost <math>[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

*Tab. 12 Naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*



### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji SDL M 021 S:



*Graf 2 Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S plyne, že minimálních hodnot prodyšnosti  $5[\text{ml.s}^{-1}]$  dosáhly vzorky č. 2,4,6,7,9 a 10 a maximální hodnoty prodyšnosti  $7[\text{ml.s}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 1. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu  $5-7[\text{ml.s}^{-1}]$ . Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

#### Statisticky vyhodnocené výsledky měření:

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b><math>7[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b><math>5[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Median</b>	<b><math>5[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,65</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b><math>5,45[\text{ml.s}^{-1}]</math></b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>11,9[%]</b>

*Tab. 13 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněných

minimálních a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián  $5[\text{ml.s}^{-1}]$ , směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,65, průměrná hodnota všech měření  $5,45[\text{ml.s}^{-1}]$  a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 11,9[%].

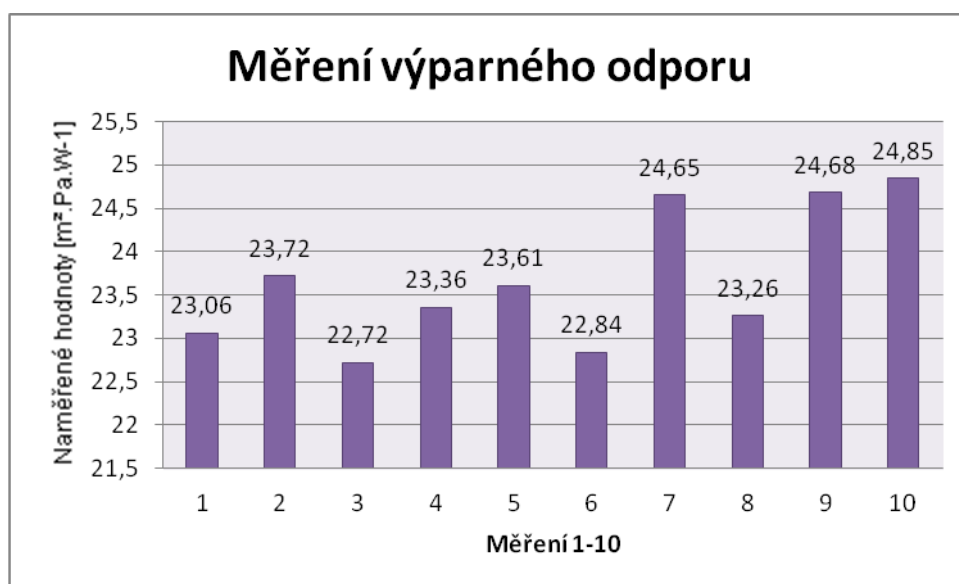
### Měření výparného odporu na přístroji PSM-2, materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

Číslo vzorku	Vz.1	Vz.2	Vz.3	Vz.4	Vz.5	Vz.6	Vz.7	Vz.8	Vz.9	Vz.10
Ret[m <sup>2</sup> .Pa.W <sup>-1</sup> ]	23,06	23,72	22,72	23,36	23,61	22,84	24,65	23,26	24,68	24,85

Tab. 14 Naměřené hodnoty výparného odporu na přístroji PSM-2

### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji PSM-2:



Graf 3 Měření výparného odporu na přístroji PSM-2

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot výparného odporu na přístroji PSM-2 plyne, že minimální hodnoty výparného odporu  $22,72[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 3 a maximální hodnoty výparného odporu  $24,85[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 10. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu  $22,72 - 24,85[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ . Následující

tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

**Statisticky vyhodnocené výsledky měření:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>24,85[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>22,72[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Median</b>	<b>23,49[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,75</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>23,68[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>3,17[%]</b>

*Tab. 15 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián 23,49[m<sup>2</sup>. Pa . W<sup>-1</sup>], směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,75, průměrná hodnota všech měření 23,68[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 3,17[%].

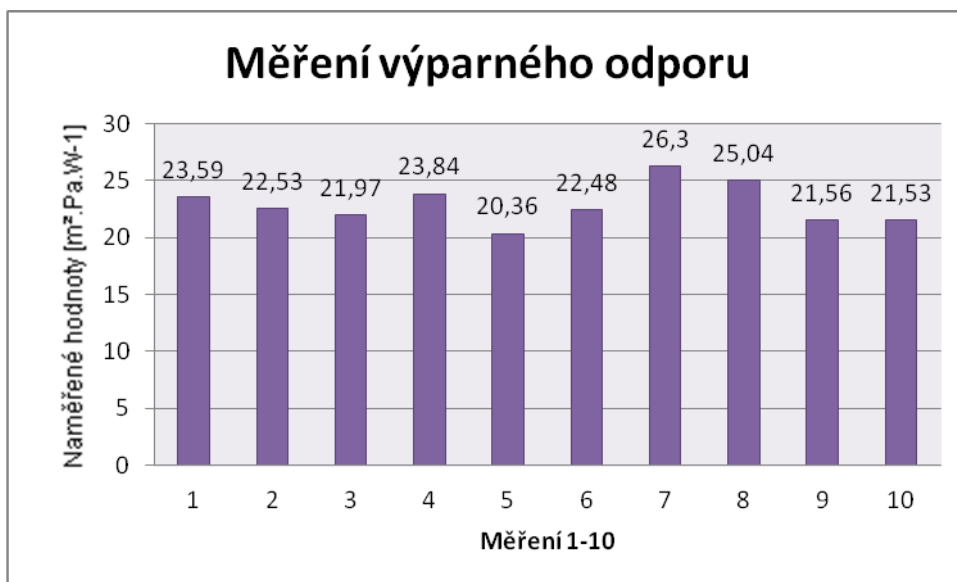
**Měření výparného odporu na přístroji PSM-2, materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

<b>Číslo vzorku</b>	<b>Vz.1</b>	<b>Vz.2</b>	<b>Vz.3</b>	<b>Vz.4</b>	<b>Vz.5</b>	<b>Vz.6</b>	<b>Vz.7</b>	<b>Vz.8</b>	<b>Vz.9</b>	<b>Vz.10</b>
<b>Ret[m<sup>2</sup>.Pa.W<sup>1</sup>]</b>	<b>23,59</b>	<b>22,53</b>	<b>21,97</b>	<b>23,84</b>	<b>20,36</b>	<b>22,48</b>	<b>26,3</b>	<b>25,04</b>	<b>21,56</b>	<b>21,53</b>

*Tab. 16 Naměřené hodnoty výparného odporu na přístroji PSM-2*

### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji PSM-2:



*Graf 4 Měření výparného odporu na přístroji PSM-2*

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot výparného odporu na přístroji PSM-2 plyne, že minimální hodnoty výparného odporu  $20,36 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 5 a maximální hodnoty výparného odporu  $26,3 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 7. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu  $20,36 - 26,3 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ . Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

#### Statisticky vyhodnocené výsledky měření:

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>26,3[<math>\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}</math>]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>20,36[<math>\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}</math>]</b>
<b>Median</b>	<b>22,51[<math>\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}</math>]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>1,7</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>22,92[<math>\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}</math>]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>7,42[%]</b>

*Tab. 17 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián 22,51[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 1,7, průměrná hodnota všech měření 22,92[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 7,42[%].

**Měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855, materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira**

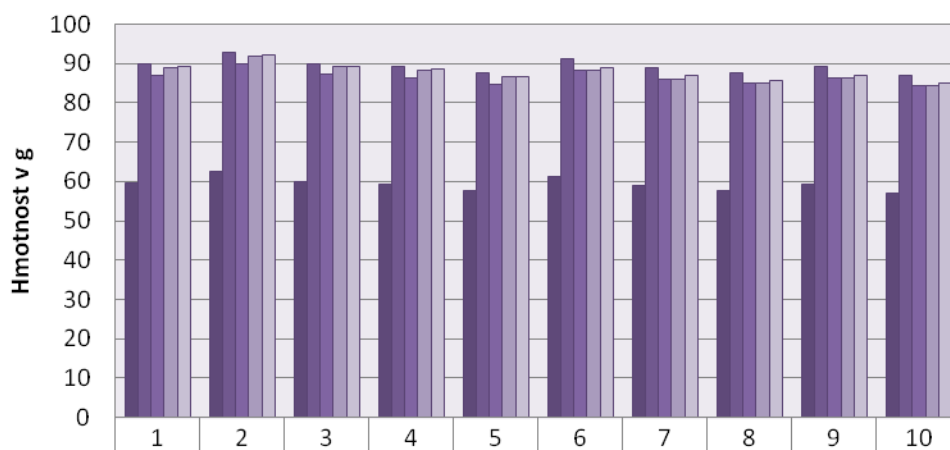
Pro zjednodušení tabulky jsou označeny misky 1. m – 10. m a vážení 1. v – 5. v.

- 1. Vážení - miska s víčkem bez silikagelu (g)**
- 2. Vážení - miska s víčkem se silikagelem (g)**
- 3. Vážení - miska s víčkem po 4 hodinách sušení a 1 hodině exp. (g)**
- 4. Vážení - miska s víčkem s vloženým materiálem do pěti misek (g)**
- 5. Vážení - miska s víčkem po 3 hodinách exp.(g)**

Č. misky/Č. vážení	1.v	2.v	3.v	4.v	5.v
<b>1.m</b>	59,7316	89,7317	86,9958	88,9111	89,1098
<b>2.m</b>	62,6894	92,6894	89,9537	91,8197	92,0340
<b>3.m</b>	59,9787	89,9788	87,2291	89,1060	89,3239
<b>4.m</b>	59,1226	89,1226	86,3792	88,2287	88,4443
<b>5.m</b>	57,5382	87,5383	84,7720	86,5820	86,7906
<b>6.m</b>	61,0784	91,0782	88,3073	88,3073	89,0526
<b>7.m</b>	58,9169	88,9130	86,1380	86,1380	86,8404
<b>8.m</b>	57,6369	87,6360	84,8812	84,8812	85,6068
<b>9.m</b>	59,1388	89,1386	86,3205	86,3205	86,9805
<b>10.m</b>	57,1158	87,1170	84,2523	84,2523	84,9829

*Tab. 18 Navážené hodnoty misek v jednotlivých fázích experimentu*

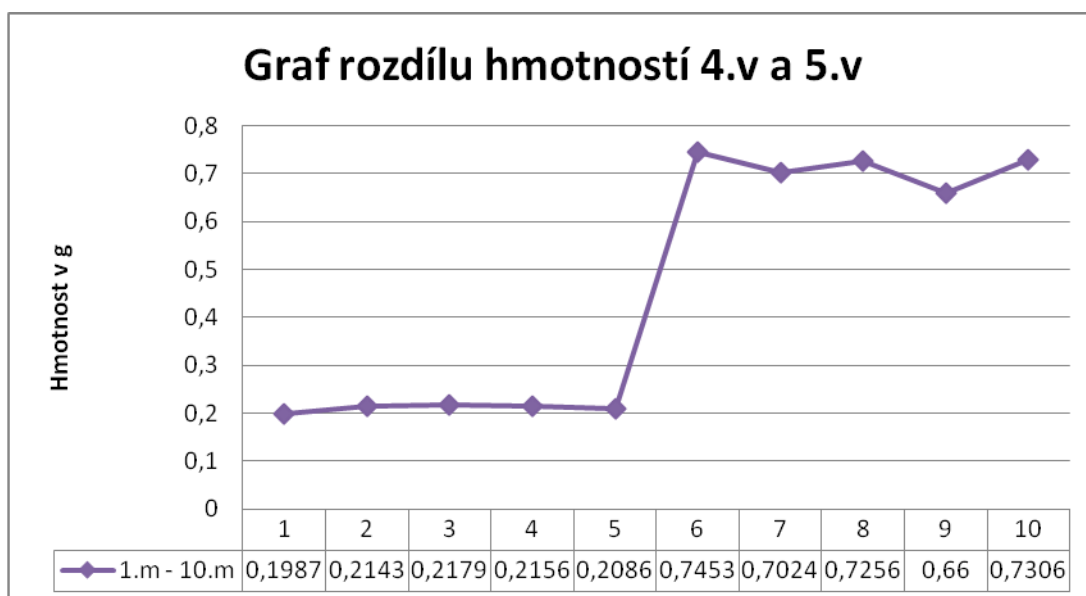
## Měření paropropustnosti - materiál s membránou Sympatex



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. vážení	59,732	62,689	59,979	59,123	57,538	61,078	58,917	57,637	59,139	57,116
2. vážení	89,732	92,689	89,979	89,123	87,538	91,078	88,913	87,636	89,139	87,117
3. vážení	86,996	89,954	87,229	86,379	84,772	88,307	86,138	84,881	86,321	84,252
4. vážení	88,911	91,82	89,106	88,229	86,582	88,307	86,138	84,881	86,321	84,252
5. vážení	89,11	92,034	89,324	88,444	86,791	89,053	86,84	85,607	86,981	84,983

*Graf 5 Grafické zobrazení vážení*

Pro vyhodnocení této metody jsou rozhodující poslední dva sloupce tabulky<sup>17</sup>, které vyjadřují - vážení 4. v s vloženým materiálem do 1. m – 5. m a 6. m – 10. m bez vloženého materiálu. Po převážení 5. v po 3hod. exp. je zjištěn výpočtem rozdíl mezi 4. v a 5. v, čímž je zjištěn přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií a přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie.



*Graf 6 Grafické vyjádření rozdílu vážení*

Z výše uvedeného grafu je patrné, že přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie je vyšší (6. m – 10 m). Přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií se pohybuje v intervalu 0,1987g- 0,2179g. Přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie se pohybuje v intervalu 0,66 g- 0,7453g. V následující tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření bude uvedena, kromě minimální a maximální hodnoty měření rovněž hodnota mediánu, směrodatné odchylky a variačního koeficientu i průměrná hodnota přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií a průměrná hodnota přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie. Průměrné hodnoty přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách budou sloužit k dalším výpočtům.

#### **Statisticky vyhodnocené výsledky měření:**

Pro statistické vyhodnocení výsledků měření je nutno rozdělit výsledky měření do dvou skupin pro vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií a vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie.

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií 1. m – 5. m:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>0,2179g</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>0,1987g</b>
<b>Median</b>	<b>0,2143g</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,0077</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,21102g</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>3,65[%]</b>

*Tab. 19 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je stanovena minimální hodnota měření 0,1987g a maximální hodnota měření 0,2179g, medián 0,2143g, směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,0077, průměrná hodnota všech měření 0,21102g a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 3,65[%].

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie 6. m – 10. m:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>0,7453g</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>0,66g</b>
<b>Median</b>	<b>0,7256g</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,0298</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,7128g</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>4,18[%]</b>

*Tab. 20 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je stanovena minimální hodnota měření 0,66g a maximální hodnota měření 0,7453g, medián 0,7256g, směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,0298, průměrná hodnota všech měření 0,7128g a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 4,18[%].



**Měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855, materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

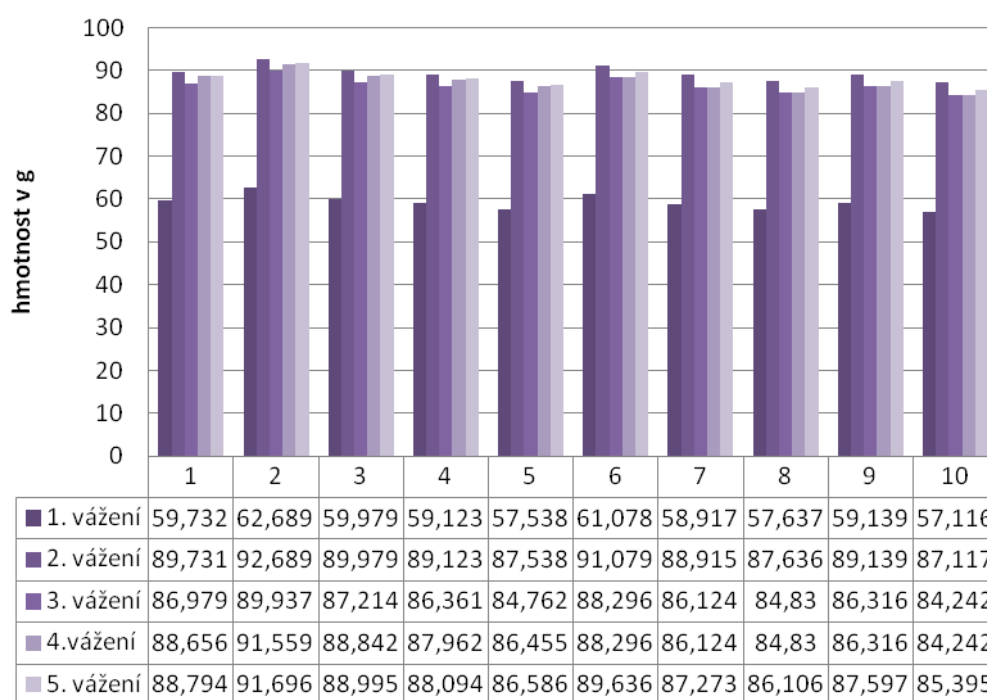
Pro zjednodušení tabulky jsou označeny misky 1. m – 10. m a vážení 1. v – 5. v.

- 1. Vážení - miska s víčkem bez silikagelu (g)**
- 2. Vážení - miska s víčkem se silikagelem (g)**
- 3. Vážení - miska s víčkem po 4 hodinách sušení a 1 hodině exp. (g)**
- 4. Vážení - miska s víčkem s vloženým materiálem do pěti misek (g)**
- 5. Vážení - miska s víčkem po 3 hodinách exp.(g)**

<b>Č. misky/Č. vážení</b>	<b>1.v</b>	<b>2.v</b>	<b>3.v</b>	<b>4.v</b>	<b>5.v</b>
<b>1.m</b>	59,7316	89,7312	86,9785	88,6556	88,7944
<b>2.m</b>	62,6894	92,6892	89,9373	91,5588	91,6960
<b>3.m</b>	59,9787	89,9789	87,2142	88,8423	88,9952
<b>4.m</b>	59,1226	89,1228	86,3610	87,9616	88,0941
<b>5.m</b>	57,5382	87,5381	84,7619	86,4545	86,5858
<b>6.m</b>	61,0784	91,0786	88,2956	88,2956	89,6364
<b>7.m</b>	58,9169	88,9146	86,1237	86,1237	87,2731
<b>8.m</b>	57,6369	87,6362	84,8302	84,8302	86,1055
<b>9.m</b>	59,1388	89,1388	86,3157	86,3157	87,5972
<b>10.m</b>	57,1158	87,1172	84,2415	84,2415	85,3946

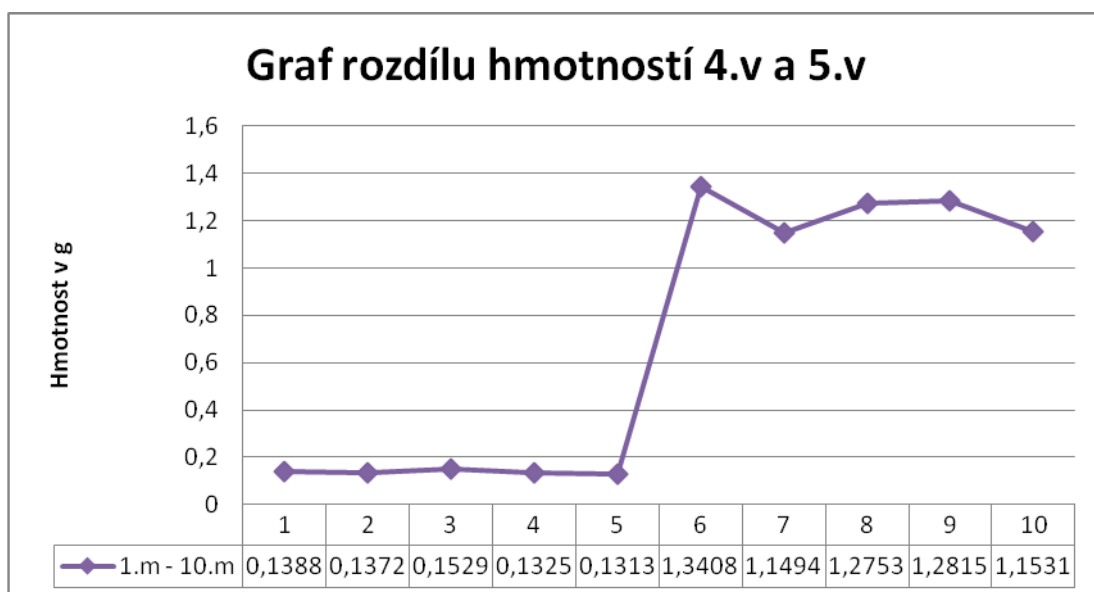
*Tab. 21 Navážené hodnoty misek v jednotlivých fázích experimentu*

## Měření paropropustnosti- materiál softshellového charakteru



*Graf 7 Grafické zobrazení vážení*

Pro vyhodnocení této metody jsou rozhodující poslední dva sloupce tabulky 20, které vyjadřují - vážení 4. v s vloženým materiálem do 1. m – 5. m a 6. m – 10. m bez vloženého materiálu. Po převážení 5. v po 3hod. exp. je zjištěn výpočtem rozdíl mezi 4. v a 5. v, čímž je zjištěn přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií a přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie.



*Graf 8 Grafické vyjádření rozdílu vážení*

Z výše uvedeného grafu je patrné, že přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie je vyšší (6. m. – 10. m). Přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií se pohybuje v intervalu 0,1313g- 0,1529 g. Přírůstek hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie se pohybuje v intervalu 1,2815 g- 1,3408g. V následující tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření bude uvedena, kromě maximální a minimální hodnoty měření rovněž hodnota mediánu, směrodatné odchylky a variačního koeficientu i průměrná hodnota přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií a průměrná hodnota přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie. Průměrné hodnoty přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách budou sloužit k dalším výpočtům.

#### **Statisticky vyhodnocené výsledky měření:**

Pro statistické vyhodnocení výsledků měření je nutno rozdělit výsledky měření do dvou skupin pro vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce bez textilie.

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií 1. m – 5. m:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>0,1529g</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>0,1313g</b>
<b>Median</b>	<b>0,1372g</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,0077</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,1385g</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>5,56[%]</b>

*Tab. 22 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je stanovena minimální hodnota měření 0,1313g a maximální hodnota měření 0,1529g, medián 0,1372g, směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,0077, průměrná hodnota všech měření 0,1385g a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 5,56[%].

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie 6. m – 10. m:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>1,3408g</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>1,2815g</b>
<b>Median</b>	<b>1,2753g</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,076</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>1,24g</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>6,12[%]</b>

*Tab. 23 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je stanovena minimální hodnota měření 1,281g a maximální hodnota měření 1,3408g, medián 1,2753g, směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,076, průměrná hodnota všech měření 1,24g a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 6,12 [%].

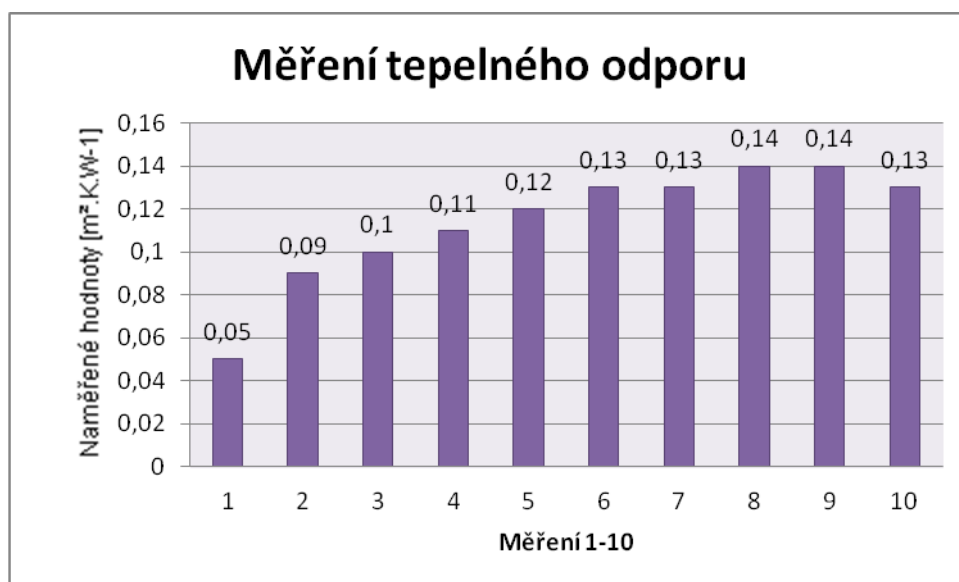
**Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2, materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira**

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

Číslo vzorku	Vz.1	Vz.2	Vz.3	Vz.4	Vz.5	Vz.6	Vz.7	Vz.8	Vz.9	Vz.10
Rct[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	0,05	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13

*Tab. 24 Naměřené hodnoty tepelného odporu na přístroji PSM-2*

**Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji PSM-2:**



*Graf 9 Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2*

Z tabulky 23 a grafického znázornění naměřených hodnot tepelného odporu na přístroji PSM-2 plyne, že minimální hodnoty tepelného odporu 0,05[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]dosáhl vzorek č. 1 a maximální hodnoty tepelného odporu 0,14[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>] dosáhly vzorky č. 8 a 9. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu 0,05 - 0,14[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]. Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

### Statisticky vyhodnocené výsledky měření:

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>0,14[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>0,05[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Median</b>	<b>0,13[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,03</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,11[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>27,3[%]</b>

*Tab. 25 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián 0,13[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>], směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,03, průměrná hodnota všech měření 0,11[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 27,4[%].

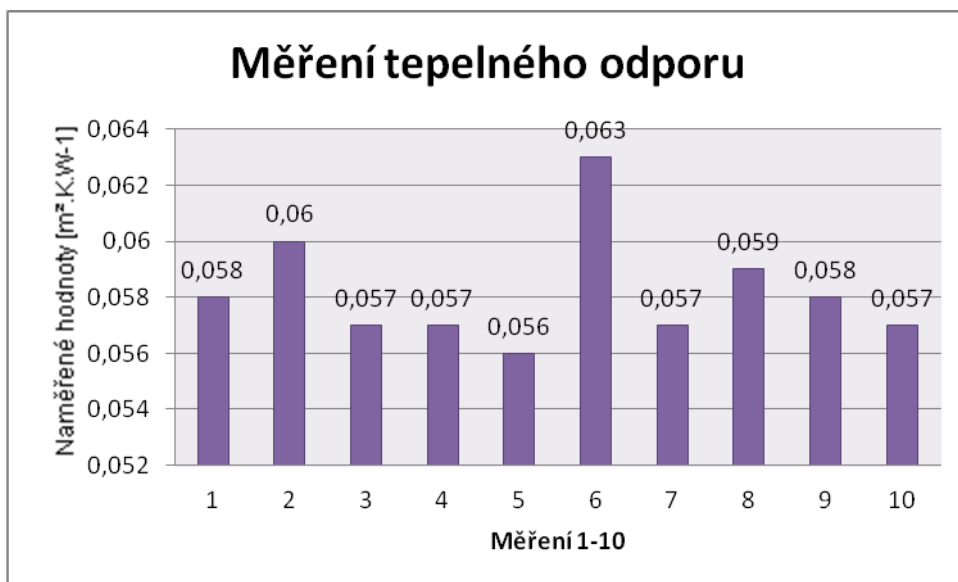
### Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2, materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

Číslo vzorku	Vz.1	Vz.2	Vz.3	Vz.4	Vz.5	Vz.6	Vz.7	Vz.8	Vz.9	Vz.10
<b>Rct[m<sup>2</sup>.K.W<sup>1</sup>]</b>	<b>0,058</b>	<b>0,060</b>	<b>0,057</b>	<b>0,057</b>	<b>0,056</b>	<b>0,063</b>	<b>0,057</b>	<b>0,059</b>	<b>0,058</b>	<b>0,057</b>

*Tab. 26 Naměřené hodnoty tepelného odporu na přístroji PSM-2*

### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji PSM-2:



*Graf 10 Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2*

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot tepelného odporu na přístroji PSM-2 plyne, že minimální hodnoty tepelného odporu  $0,056[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 5 a maximální hodnoty tepelného odporu  $0,63[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$  dosáhl vzorek č. 6. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu  $0,056 - 0,63[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$ . Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření

#### Statisticky vyhodnocené výsledky měření:

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>0,063[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>0,056[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Median</b>	<b>0,058[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,002</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,058 [m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>3,45[%]</b>

*Tab. 27 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián  $0,058[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu  $0,002$ , průměrná hodnota všech měření  $0,058[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  a variační koeficient, který dosahuje hodnoty  $3,45[\%]$ .

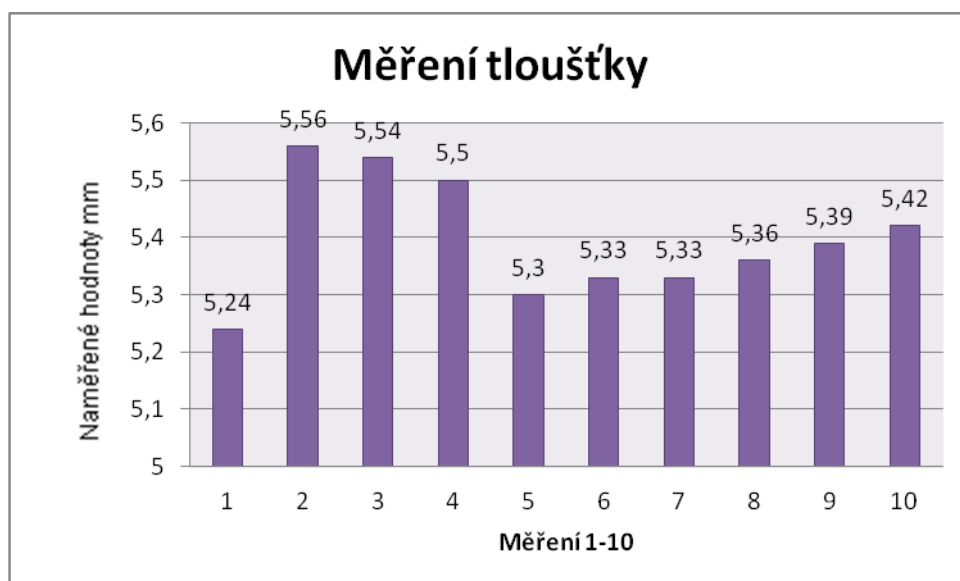
### Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A, materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

Číslo vzorku	Vz.1	Vz.2	Vz.3	Vz.4	Vz.5	Vz.6	Vz.7	Vz.8	Vz. 9	Vz. 10
tloušťka [mm]	5,24	5,56	5,54	5,5	5,3	5,33	5,33	5,36	5,39	5,42

Tab. 28 Naměřené hodnoty tloušťky na přístroji SDL M 034 A

### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji SDL M 034 A:



Graf 11 Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A



Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot tloušťky na přístroji SDL M 034 A plyne, že minimální hodnoty tloušťky 5,24[mm] dosáhl vzorek č. 1 a maximální hodnoty tloušťky 5,56[mm] dosáhl vzorek č. 2. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu 5,24 - 5,56[mm] . Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření

**Statisticky vyhodnocené výsledky měření:**

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>5,56[mm]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>5,24[mm]</b>
<b>Median</b>	<b>5,38[mm]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,1</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>5,4[mm]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>1,85[%]</b>

*Tab. 29 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián 5,38[mm], směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,1, průměrná hodnota všech měření 5,4[mm] a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 1,85[%].

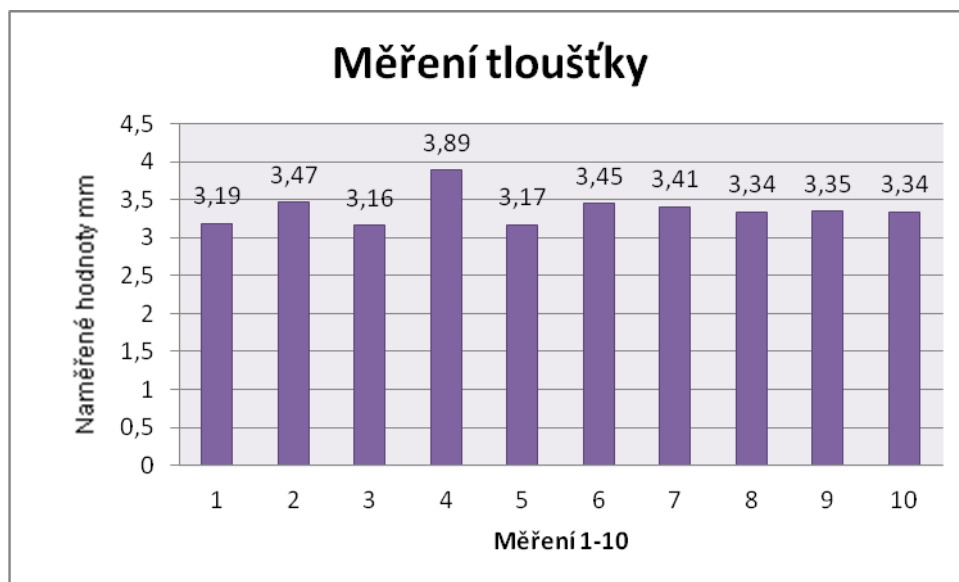
**Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A, materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

Pro zjednodušení tabulky jsou označeny jednotlivé vzorky Vz.1 – Vz.10

<b>Číslo vzorku</b>	<b>Vz.1</b>	<b>Vz.2</b>	<b>Vz.3</b>	<b>Vz.4</b>	<b>Vz.5</b>	<b>Vz.6</b>	<b>Vz.7</b>	<b>Vz.8</b>	<b>Vz.9</b>	<b>Vz.10</b>
<b>tloušťka [mm]</b>	<b>3,19</b>	<b>3,47</b>	<b>3,16</b>	<b>3,89</b>	<b>3,17</b>	<b>3,45</b>	<b>3,41</b>	<b>3,34</b>	<b>3,35</b>	<b>3,34</b>

*Tab. 30 Naměřené hodnoty tloušťky na přístroji SDL M 034 A*

### Grafické znázornění naměřených hodnot na přístroji SDL M 034 A:



*Graf 12 Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A*

Z tabulky a grafického znázornění naměřených hodnot tloušťky na přístroji SDL M 034 A plyne, že minimální hodnoty tloušťky 3,16[mm] dosáhl vzorek č. 3 a maximální hodnoty tloušťky 3,89[mm] dosáhl vzorek č. 4. Ostatní naměřené hodnoty se tedy pohybují v intervalu 3,16 - 3,89[mm]. Následující tabulka obsahuje statisticky vyhodnocené výsledky tohoto měření.

#### Statisticky vyhodnocené výsledky měření:

<b>Maximální hodnota měření</b>	<b>3,89[mm]</b>
<b>Minimální hodnota měření</b>	<b>3,16[mm]</b>
<b>Median</b>	<b>3,35[mm]</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,2</b>
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>3,38[mm]</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>5[%]</b>

*Tab. 31 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*

V tabulce statisticky vyhodnocených výsledků měření je kromě zmíněné minimální a maximální hodnoty měření rovněž uveden medián 3,35[mm], směrodatná odchylka, která má pro tento soubor dat hodnotu 0,2, průměrná hodnota všech měření 3,38[mm] a variační koeficient, který dosahuje hodnoty 5[%].

## 18. Porovnání výsledků měření obou materiálů

V této kapitole bude provedeno porovnání výsledků měření obou materiálů. Porovnány podle průměrných hodnot měření budou výsledky prodyšnosti, výparného odporu, tepelného odporu a tloušťky. Celkové porovnání hodnot bude vyjádřeno výpočtem i graficky. Dále bude, po přepočtu výparného odporu naměřeného na přístroji PSM – 2 na paropropustnost, provedeno porovnání s paropropustností zjištěnou měřením propustnosti vodních par ČSN 80 0855. Dalším porovnáním výsledků měření obou materiálů bude porovnání podle indexu propustnosti vodních par podílem tepelného a výparného odporu u obou materiálů a posledním porovnáním bude vyjádření paropropustnost v procentech podle normy ČSN 80 0855.

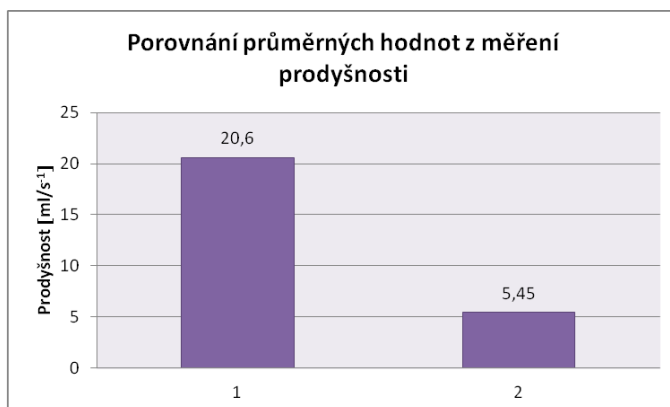
### 18.1. Porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření

#### Měření prodyšnosti

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira	20,6[ml.s <sup>-1</sup> ]
Třívrstvý laminát Softshell, Moira	5,45[ml.s <sup>-1</sup> ]

*Tab. 32 Porovnání průměrných hodnot z měření prodyšnosti*

## Grafické znázornění porovnání průměrných hodnot z měření prodyšnosti



*Graf 13 Porovnání průměrných hodnot z měření prodyšnosti*

Při měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S bylo zjištěno, že materiál ve složení dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 16 [ml.s<sup>-1</sup>], maximální hodnotě měření 26[ml.s<sup>-1</sup>], mediánu 20,75[ml.s<sup>-1</sup>], směrodatné odchylce 2,66, a variačním koeficientu 12,9%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 20,6[ml.s<sup>-1</sup>], zatímco materiál ve složení třívrstvý laminát Softshell, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 5[ml.s<sup>-1</sup>], maximální hodnotě měření 7 [ml.s<sup>-1</sup>], mediánu 5[ml.s<sup>-1</sup>], směrodatné odchylce 0,65, a variačním koeficientu 11,9%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 5,45[ml.s<sup>-1</sup>]. Rozdíl průměrných naměřených hodnot je 15,15[ml.s<sup>-1</sup>]. Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira je o 73,54% prodyšnější, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

## Měření výparného odporu

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
<b>Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira</b>	<b>23,68[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>
<b>Třívrstvý laminát Softshell, Moira</b>	<b>22,92[m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>]</b>

*Tab. 33 Porovnání průměrných hodnot z měření výparného odporu*

### Grafické znázornění porovnání průměrných hodnot z měření výparného odporu



*Graf 14 Porovnání průměrných hodnot z měření výparného odporu*

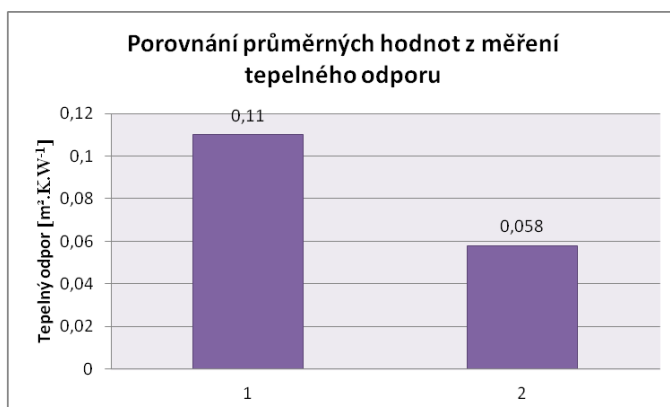
Při měření výparného odporu na přístroji PSM-2 bylo zjištěno, že materiál ve složení dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření  $22,72[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , maximální hodnotě měření  $24,85[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , mediánu  $23,49 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , směrodatné odchylce 0,75, a variačním koeficientu 3,17%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření  $23,68[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , zatímco materiál ve složení třívrstvý laminát Softshell, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření  $20,36 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , maximální hodnotě měření  $26,3[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , mediánu  $22,51[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ , směrodatné odchylce 1,7 a variačním koeficientu 7,42%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření  $22,92[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ . Rozdíl průměrných naměřených hodnot je  $0,76 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$ . Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira má o 3,21 % vyšší výparný odpor, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

## Měření tepelného odporu

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira	0,11[m <sup>2</sup> . K .W <sup>-1</sup> ]
Třívrstvý laminát Softshell, Moira	0,058[m <sup>2</sup> . K .W <sup>-1</sup> ]

Tab. 34 Porovnání průměrných hodnot z měření tepelného odporu

### Grafické znázornění porovnání průměrných hodnot z měření tepelného odporu



Graf 15 Porovnání průměrných hodnot z měření tepelného odporu

Při měření tepelného odporu na přístroji PSM-2 bylo zjištěno, že materiál ve složení dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 0,05[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], maximální hodnotě měření 0,14[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], mediánu 0,13[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], směrodatné odchylce 0,03, a variačním koeficientu 27,3%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 0,11[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], zatímco materiál ve složení třívrstvý laminát Softshell, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 0,056[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], maximální hodnotě měření 0,063[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], mediánu 0,058[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>], směrodatné odchylce 0,002 a variačním koeficientu 3,45 %, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 0,058[m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>]. Rozdíl průměrných naměřených hodnot je 0,05[m<sup>2</sup>. K.W<sup>-1</sup>]. Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira

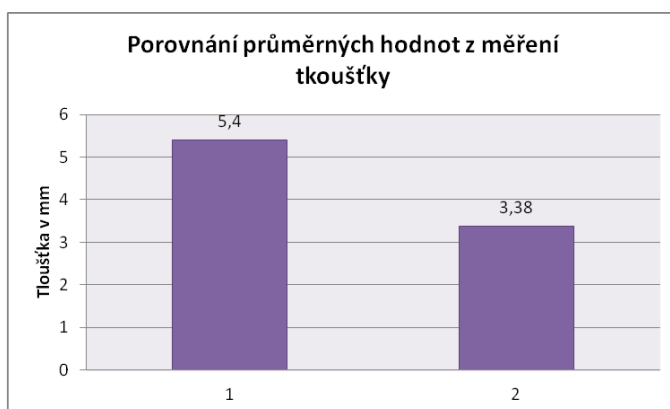
má o 47,27% vyšší tepelný odpor, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira

### Měření tloušťky

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira	5,4[mm]
Třívrstvý laminát Softshell, Moira	3,38[mm]

*Tab. 35 Porovnání průměrných hodnot z měření tloušťky*

### Grafické znázornění porovnání průměrných hodnot z měření tloušťky



*Graf 16 Porovnání průměrných hodnot z měření tloušťky*

Při měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A bylo zjištěno, že materiál ve složení dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 5,24[mm], maximální hodnotě měření 5,56[mm], mediánu 5,38[mm], směrodatné odchylce 0,1 a variačním koeficientu 1,85%, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 5,4[mm], zatímco materiál ve složení třívrstvý laminát Softshell, Moira vykazuje při minimální hodnotě měření 3,16[mm], maximální hodnotě měření 3,89[mm], mediánu 3,35[mm], směrodatné odchylce 0,2 a variačním koeficientu 5 %, průměrnou hodnotu z jednotlivých měření 3,38[mm]. Rozdíl průměrných naměřených hodnot je 2,02[mm]. Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou

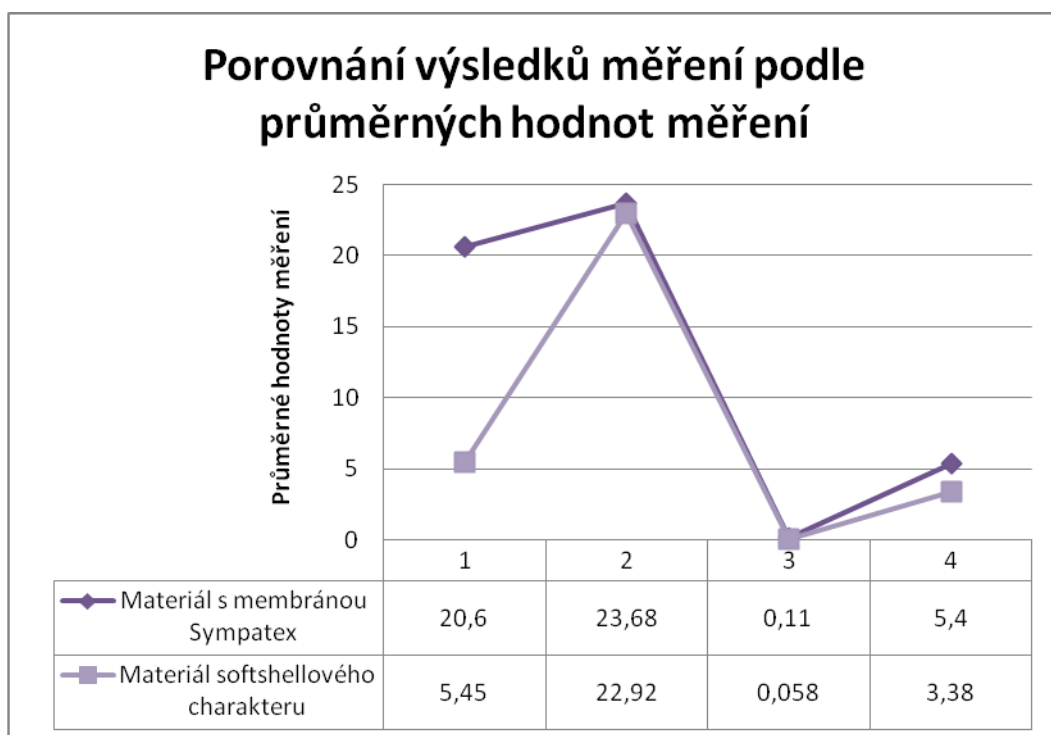
Sympatex, Fleece, Moira má o 37,41% větší tloušťku, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

V tabulce 35 jsou vyjádřeny průměrné hodnoty měření prodyšnosti, výparného odporu, tepelného odporu a tloušťky obou posuzovaných materiálů.

Měřené veličiny/ průměrné hodnoty, materiál	Prodyšnost [ml.s <sup>-1</sup> ]	Výparný odpor [m <sup>2</sup> .Pa.W <sup>-1</sup> ]	Tepelný odpor [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	Tloušťka [mm]
<b>Průměrné hodnoty měření, materiál: dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira</b>	20,6	23,68	0,11	5,4
<b>Průměrné hodnoty měření, materiál: třívrstvý laminát Softshell, Moira</b>	5,45	22,92	0,058	3,38

Tab. 36 Průměrné hodnoty měření

#### Grafické porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření



Graf 17 Porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření



### Shrnutí porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření.

V závěru této kapitoly lze konstatovat, že podle konečných výpočtů posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, při tloušťce o 2,02[mm] větší, je prodyšnější o 15,15[ml.s<sup>-1</sup>], než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira. Měřená tloušťka tedy hovoří spíše ve prospěch softshellového materiálu, neboť je pro nositele oděvu rozhodně příznivější z hlediska pohybu. Z konečných výsledků rovněž plyne závěr, že porovnáním průměrných hodnot měření vykazuje materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vyšších hodnot výparného a tepelného odporu, což naopak hovoří v neprospěch tohoto materiálu, protože u výparného odporu materiál o 0,76 [m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] hůře propouští vodní páry a u tepelného odporu materiál o 0,05 [m<sup>2</sup>. K .W<sup>-1</sup>] hůře propouští teplo směrem od organismu do vnějšího prostředí, než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Ze závěrečného posouzení tedy plyne, že posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, má při větší tloušťce lepší prodyšnost a horší výparný a tepelný odpor, než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

### 18.2. Porovnání paropropustnosti indexem propustnosti vodních par

**Index propustnosti vodních par**  $imt [-]$  je poměr tepelného odporu k výparnému odporu. Hodnota propustnosti vodních par  $imt$  se pohybuje v rozmezí od 0 do 1, kde 0 značí materiál nepropouštějící vodní páru (tedy který má nekonečný odpor vůči vodním parám) a 1 značí materiál s odporem vůči vodním parám stejným jako má vrstva vzduchu shodné tloušťky. [26]

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira	0,11[m <sup>2</sup> . K .W <sup>-1</sup> ]
Třívrstvý laminát Softshell, Moira	0,058[m <sup>2</sup> . K .W <sup>-1</sup> ]

Tab. 37 Hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  naměřené na přístroji PSM- 2

Měřený materiál	Průměr naměřené hodnoty
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira	23,68[m <sup>2</sup> . Pa .W <sup>-1</sup> ]
Třívrstvý laminát Softshell, Moira	22,92[m <sup>2</sup> . Pa .W <sup>-1</sup> ]

Tab. 38 Hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  naměřené na přístroji PSM- 2

Výpočet indexu propustnosti vodních par pro materiál: Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira

$$imt = \frac{R_{ct}}{R_{et}} = 0,0046$$

Výpočet indexu propustnosti vodních par pro materiál: Třívrstvý laminát Softshell, Moira

$$imt = \frac{R_{ct}}{R_{et}} = 0,0025$$

### **Shrnutí porovnání výsledků měření podle indexu propustnosti vodních par**

V závěru tohoto porovnání lze konstatovat, že index propustnosti vodních par je, pro posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, 0,0046 a index propustnosti vodních par je, pro posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira, 0,0025. V konečném výsledku tedy oba posuzované materiály vykazují i tímto výpočtem velmi nízkou propustnost vodních par, což potvrzuje i hodnota naměřeného výparného odporu, která dle tabulky 6 uvádí, že pokud je hodnota výparného odporu  $R_{et} > 20$  je paropropustnost materiálu neuspokojivá (pod  $5000 \text{ g/m}^2$  za 24 hod).

V následující kapitole bude hodnota výparného odporu  $R_{et}$ , pro oba posuzované materiály převedena na hodnotu paropropustnosti  $W_d$  a bude zjištěno, zda se tato velmi nízká paropropustnost u obou materiálů potvrdí. Po převedení hodnoty výparného odporu  $R_{et}$ , měřené přístrojem PSM 2, na paropropustnost bude rovněž provedeno srovnání těchto výsledků s měřením propustnosti vodních par ČSN 80 0855.

### **18.3. Porovnání paropropustnosti (PSM – 2 a ČSN 80 0855)**

#### **Převedení hodnoty $R_{et}$ na hodnotu $W_d$**

Pro snadnější porovnání dvou metod (měření přístrojem PSM 2 a měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855) bude hodnota  $R_{et}$  (odpor proti pronikání vodní páry) převedena na hodnotu  $W_d$  (propustnost vodních par) podle rovnice:

$$Wd = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m}$$

[19]

kde:

$Wd$  Propustnost vodních par [g/m.h.Pa]

$R_{et}$  Výparný odpor [ $m^2 \cdot Pa/W$ ]

$\Phi T_m$  Latentní teplo odpařování vody při teplotě  $T_m$  [W.h/g]

Při  $T_m = 35^\circ C$  je  $\Phi T_m = 0,672$  W.h/g.

$$Wd_{total} = Wd \cdot (P_1 - P_2) \cdot A$$

[20]

kde:

$P_1, P_2$  parciální tlaky páry při teplotě ve  $^\circ C$  a relativní vlhkosti v % v prostředí na rozdílných stranách měřeného materiálu [Pa]

$A$  rozměr vzorku měřeného materiálu [ $m^2$ ]

**Převedení hodnoty  $R_{et}$  měřené přístrojem PSM 2 na hodnotu  $Wd$  materiálu:  
Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira**

U tohoto měření je uvažován parciální tlak  $P_1$  při teplotě  $35^\circ C$  a relativní vlhkosti 65% a parciální tlak  $P_2$  při teplotě  $20^\circ C$  a relativní vlhkosti 40%. Po dosazení výpočtů do rovnice pro  $Wd_{total}$  pro  $Wd$ , rozdílu parciálních tlaků  $P_1$  a  $P_2$ , převedení rozměru vzorku na  $m^2$  a přepočtu na 24hod., dostáváme výslednou hodnotu paropropustnosti posuzovaného materiálu **1285,16[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h]**

**Převedení hodnoty  $R_{et}$  měřené přístrojem PSM 2 na hodnotu  $Wd$  materiálu:  
Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

U tohoto měření je uvažován parciální tlak  $P_1$  při teplotě 35°C a relativní vlhkosti 65% a parciální tlak  $P_2$  při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 40%

Po dosazení výpočtů do rovnice pro  $Wd_{total}$  pro  $Wd$ , rozdílu parciálních tlaků  $P_1$  a  $P_2$ , převedení rozměru vzorku na  $m^2$  a přepočtu na 24hod., dostáváme výslednou hodnotu paropropustnosti posuzovaného materiálu **1328,13[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h]**

Vzhledem k tomu, že naměřený výparný odpor přístrojem PSM-2 u posuzovaného materiálu dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira byl vyhodnocen o 0,76 [m<sup>2</sup>. Pa .W<sup>-1</sup>] vyšší, než u posuzovaného materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira, potvrzuje přepočet výparného odporu na paropropustnost vyšší hodnotu paropropustnosti u posuzovaného materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira. Rovněž lze konstatovat, že tento přepočet potvrzuje předchozí vyjádření, že tedy oba posuzované materiály vykazují i tímto porovnáním velmi nízkou propustnost vodních par, což potvrzuje i hodnota naměřeného výparného odporu, která dle tabulky 6 uvádí, že pokud je hodnota výparného odporu  $Ret > 20$  je paropropustnost materiálu neuspokojivá (pod 5000g/m<sup>2</sup> za 24 hod). I přes toto konstatování vykazuje materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira podle tohoto výpočtu o **42,97[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h]** nižší paropropustnost, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

### **Vyjádření paropropustnosti podle ČSN 80 0855**

#### **Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira**

$$Wd_{total} = Wd \cdot (P_1 - P_2) \cdot A$$

[20]

kde:

$P_1, P_2$  parciální tlaky páry při teplotě ve °C a relativní vlhkosti v % v prostředí na rozdílných stranách měřeného materiálu [Pa]

A rozměr vzorku měřeného materiálu [m<sup>2</sup>]

U tohoto měření je uvažován parciální tlak  $P_1$  při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65% a parciální tlak  $P_2$  při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 0%

Pokud i při výpočtu paropropustnosti touto metodou použijeme rovnici pro  $Wd_{total}$ ,

dostáváme se k výsledku 1252242,9[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h], který svou hodnotou naprosto neodpovídá možné paropropustnosti. Vzhledem k tomuto nepřijatelnému výsledku stanovíme u této metody  $Wd_{total}$  přepočtem  $Wd$  v g na m<sup>2</sup> za 24hod., což odpovídá výsledku **1337,87[g/m<sup>2</sup>.24 h]**.

#### **Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

$$Wd_{total} = Wd \cdot (P_1 - P_2) \cdot A$$

[20]

kde:

$P_1, P_2$  parciální tlaky páry při teplotě ve °C a relativní vlhkosti v % v prostředí na rozdílných stranách měřeného materiálu [Pa]

$A$  rozměr vzorku měřeného materiálu [m<sup>2</sup>]

U tohoto měření je uvažován parciální tlak  $P_1$  při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65% a parciální tlak  $P_2$  při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 0%

Pokud i při výpočtu paropropustnosti touto metodou použijeme rovnici pro  $Wd_{total}$ , dostáváme se k výsledku 2749343,5 [g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h], který svou hodnotou naprosto neodpovídá možné paropropustnosti. Vzhledem k tomuto nepřijatelnému výsledku stanovíme u této metody  $Wd_{total}$  přepočtem  $Wd$  v g na m<sup>2</sup> za 24hod., což odpovídá výsledku **2937,33[g/m<sup>2</sup>.24 h]**.

#### **Výsledné porovnání paropropustnosti**

	<b>Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira</b>	<b>Třívrstvý laminát Softshell, Moira</b>
<b>ČSN 80 0855</b>	<b>1337,87[g/m<sup>2</sup>.24 h]</b>	<b>2937,33[g/m<sup>2</sup>.24 h]</b>
<b>PSM</b>	<b>1285,16[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h]</b>	<b>1328,13[g/m<sup>2</sup>. Pa . 24 h]</b>

*Tab. 39 Výsledné porovnání paropropustnosti*

## Shrnutí porovnání výsledků paropropustnosti (PSM – 2 a ČSN 80 0855)

Již na první pohled je patrné, že výsledky paropropustnosti obou metod jsou nesrovnatelné, což lze vysvětlit tím, že měření paropropustnosti podle ČSN 80 0855 je zastaralé a jak bylo již zmíněno, od této metody se upouští a nahrazují ji metody novější a přesnější.

### 18.4. Porovnání paropropustnosti - měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855

Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira

Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií 1. m – 5. m:

Průměrná hodnota	0,21102g
------------------	----------

Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie 6. m – 10. m:

Průměrná hodnota	0,7128g
------------------	---------

Poměr přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce bez textilie:

$$P\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta m_v}{\sum_{i=1}^5 \Delta m_s} \cdot 100\%$$

[21]

kde:

$M_v$  přírůstek hmotnosti vysoušedla s textilií [g]

$M_s$  přírůstek hmotnosti vysoušedla bez textilie [g]

$$P\bar{x} = \frac{0,2110}{0,7128} \cdot 100 = 29,60\%$$

### **Třívrstvý laminát Softshell, Moira**

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách s textilií 1. m – 5. m:**

<b>Průměrná hodnota</b>	<b>0,1385g</b>
-------------------------	----------------

**Statistické vyhodnocení dat přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušebních miskách bez textilie 6. m – 10. m:**

<b>Průměrná hodnota</b>	<b>1,24g</b>
-------------------------	--------------

Poměr přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce s textilií a přírůstku hmotnosti vysoušedla ve zkušební misce bez textilie:

$$P\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta m_v}{\sum_{i=1}^5 \Delta m_s} \cdot 100\%$$

[21]

kde:

$M_v$  přírůstek hmotnosti vysoušedla s textilií [g]

$M_s$  přírůstek hmotnosti vysoušedla bez textilie [g]

$$P\bar{X} = \frac{0,1385}{1,24} \cdot 100 = 11,17\%$$

### **Shrnutí porovnání výsledků paropropustnosti ČSN 80 0855**

Rovněž podle výpočtů z tohoto porovnání materiálů lze usoudit, že výsledky měření paropropustnosti odvozených z měření výparného odporu přístrojem PSM a srovnáním s výsledky měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855 jsou neporovnatelné, neboť zde materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje o 18,43% vyšší paropropustnost, která neodpovídá ostatním výpočtům a vzhledem k vyšší hodnotě výparného odporu naměřeného přístrojem PSM-2 by měla paropropustnost vykazovat naopak hodnotu nižší, než u posuzovaného materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira.

## 19. Diskuze výsledků

Cílem praktické části práce a experimentu bylo objasnění postupů měření prodyšnosti (přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu SDL M 021 S), výparného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2), paropropustnosti (relativní paropropustnost podle normy ČSN 80 0855), tepelného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2) a tloušťky (přístroj Tloušťkoměr SDL M 034 A). Porovnány byly výsledky měření klasických třívrstvých a softshellových sendvičových struktur. Předpokladem bylo, že budou softshellové sendviče vykazovat pro spotřebitele příznivější fyziologické vlastnosti a porovnání měření mělo prokázat, jaký je jejich přínos ve fyziologickém komfortu pro nositele oděvu, který je z těchto materiálů zhotoven. Vzhledem k tomu, že byl rovněž objasněn postup měření relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855, byl výsledek tohoto měření porovnán s výsledkem měření výparného odporu PSM – 2 (po přepočtu na paropropustnost) a bylo porovnáno, s jakou přesností se paropropustnost měřila v době dřívější a jestli výsledky naměřené podle normy ČSN 80 0855 mohou být srovnatelné s výsledky z moderních přístrojů, které se používají v současnosti.

Podle průměrných hodnot měření prodyšnosti, výparného odporu, tepelného odporu a tloušťky lze konstatovat, že podle konečných výpočtů posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, při tloušťce o  $2,02[\text{mm}] = 37,41\%$  větší, je prodyšnější o  $15,15[\text{ml.s}^{-1}] = 73,54\%$ , než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira. Měřená tloušťka tedy hovoří spíše ve prospěch softshellového materiálu, neboť je pro nositele oděvu rozhodně příznivější z hlediska pohybu. Z konečných výsledků rovněž plyne závěr, že porovnáním průměrných hodnot měření vykazuje materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vyšších hodnot výparného a tepelného odporu, což naopak hovoří v neprospěch tohoto materiálu, protože u výparného odporu materiál o  $0,76[\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}] = 3,21\%$  hůře propouští vodní páry a u tepelného odporu materiál o  $0,05[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] = 47,27\%$  hůře propouští teplo směrem od organismu do vnějšího prostředí, než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Ze závěrečného posouzení tedy plyne, že posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, má při větší tloušťce lepší prodyšnost a horší výparný a tepelný odpor, než posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Podle porovnání výsledků měření **indexu propustnosti vodních par** lze



konstatovat, že index propustnosti vodních par je, pro posuzovaný materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira, 0,0046 a index propustnosti vodních par je, pro posuzovaný materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira, 0,0025. V konečném výsledku tedy oba posuzované materiály vykazují i tímto výpočtem velmi nízkou propustnost vodních par, což potvrzuje i hodnota naměřeného výparného odporu, která dle tabulky 6 uvádí, že pokud je hodnota výparného odporu  $Ret > 20$  je paropropustnost materiálu neuspokojivá (pod  $5000 \text{ g/m}^2$  za 24 hod). I přes toto konstatování je konečný výsledek výpočtu neuspokojivý, neboť by, vzhledem k vyššímu výparnému odporu měl mít materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira naopak index propustnosti vodních par nižší, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira. Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje tímto porovnáním o 45,65% vyšší index propustnosti vodních par, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Porovnání výsledků paropropustnosti (PSM – 2 a ČSN 80 0855). Vzhledem k tomu, že naměřený výparný odpor přístrojem PSM-2 u posuzovaného materiálu dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira byl vyhodnocen o  $0,76 [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$  vyšší, než u posuzovaného materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira, potvrzuje přepočet výparného odporu na paropropustnost vyšší hodnotu paropropustnosti u posuzovaného materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira. Rovněž lze konstatovat, že tento přepočet potvrzuje předchozí vyjádření, že tedy oba posuzované materiály vykazují i tímto porovnáním velmi nízkou propustnost vodních par. I přes toto konstatování má materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira podle tohoto výpočtu o  $42,97 [\text{g/m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot 24 \text{ h}]$  nižší paropropustnost, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

PSM- 2 Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira má o 3,24% nižší propustnost vodních par, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

ČSN 80 0855 Vyjádřeno v procentech - dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira má o 54,45% nižší propustnost vodních par, než materiál třívrstvý laminát Softshell, Moira.

Již na první pohled je patrné, že výsledky paropropustnosti obou metod jsou nesrovnatelné, což lze vysvětlit tím, že měření paropropustnosti podle ČSN 80 0855 je

zastaralé a jak bylo již zmíněno, od této metody se upouští a nahrazují ji metody novější a přesnější.

Rovněž podle výpočtů a porovnání výsledků paropropustnosti ČSN 80 0855 lze usoudit, že výsledky měření paropropustnosti odvozených z měření výparného odporu přístrojem PSM a srovnáním s výsledky měření propustnosti vodních par ČSN 80 0855 jsou neporovnatelné, neboť zde materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira vykazuje o 18,43% vyšší paropropustnost, která neodpovídá ostatním výpočtům a vzhledem k vyšší hodnotě výparného odporu naměřeného přístrojem PSM-2 by měla paropropustnost vykazovat naopak hodnotu nižší, než u posuzovaného materiálu Třívrstvý laminát Softshell, Moira.

V následující tabulce je barevně vyjádřeno vyhodnocení hovořící ve prospěch, či neprospěch posuzovaných materiálů. Tmavší barva ukazuje vyhodnocení hovořící ve prospěch posuzovaného materiálu.

Posuzovaný materiál	1	2	3	4	5	6	7
<b>Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira</b>							
<b>Třívrstvý laminát Softshell, Moira</b>							

*Tab. 40 Barevné vyjádření všech vyhodnocených porovnání*

1 porovnání výsledků prodyšnosti

2 porovnání výsledků výparného odporu

3 porovnání výsledků tepelného odporu

4 porovnání výsledků tloušťky

5 porovnání výsledků indexu propustnosti vodních par (neodpovídá dalším výsledkům)

6 porovnání výsledků paropropustnosti (PSM – 2 a ČSN 80 0855)

## 7 porovnání výsledků paropropustnosti ČSN 80 0855 (neodpovídá dalším výsledkům)

Vzhledem k tomu, že materiálu dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira byl podle výsledků měření vyhodnocen o 3,21 % vyšší výparný odpor (PSM- 2), byla podle výsledků měření vyhodnocena o 3,24% nižší propustnost vodních par (PSM- 2), než u materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira, přibližují se tyto naměřené výsledky více realitě, neboť ve vyjádření v procentech odpovídá přibližně hodnota výparného odporu paropropustnosti.

U výsledků měření ČSN 80 0855 - materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira byl vyhodnocen s 54,45% nižší propustnost vodních par a s o 18,43% vyšší paropropustnost, což neodpovídá ostatním vyhodnoceným výsledkům.

## 20. Závěr

Cílem bylo objasnění postupů měření prodyšnosti (přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu SDL M 021 S), výparného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2), paropropustnosti (relativní paropropustnost podle normy ČSN 80 0855), tepelného odporu (měření přístrojem pro měření výparného a tepelného odporu PSM-2) a tloušťky (přístroj Tloušťkoměr SDL M 034 A). Porovnány byly výsledky měření klasických třívrstvých a softshellových sendvičových struktur. Předpokladem bylo, že budou softshellové sendviče vykazovat pro spotřebitele příznivější fyziologické vlastnosti a porovnání měření mělo prokázat, jaký je jejich přínos ve fyziologickém komfortu pro nositele oděvu, který je z těchto materiálů zhotoven. Vzhledem k tomu, že byl rovněž objasněn postup měření relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855, byl výsledek tohoto měření porovnán s výsledkem měření výparného odporu PSM – 2 (po přepočtu na paropropustnost) a bylo vyjádřeno, s jakou přesností se paropropustnost měřila v době dřívější a jestli výsledky naměřené podle normy ČSN 80 0855 mohou být srovnatelné s výsledky z moderních přístrojů, které se používají v současnosti.

U obou posuzovaných materiálů bylo zjištěno, že dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira je podle výsledků měření o 73,54% prodyšnější, byl

vyhodnocen o 3,21 % vyšší výparný odpor, o 47,27% vyšší tepelný odpor, byla vyhodnocena o 37,41% větší tloušťka a o 3,24% nižší propustnost vodních par (PSM-2), než u materiálu třívrstvý laminát Softshell, Moira. Tyto vyhodnocené výsledky se přibližují více realitě, neboť ve vyjádření v procentech odpovídá přibližně hodnota výparného odporu paropropustnosti. Znamená to tedy, že při větší tloušťce a vyšší prodyšnosti materiál dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex, Fleece, Moira hůře propouští vodní páry a teplo směrem od organismu do okolního prostředí. Celkově byla u obou posuzovaných materiálů zjištěna velmi nízká schopnost odvodu vodních par, jestliže uvažujeme, že se dnes již můžeme setkat např. i s membránou Dermizax, která má prostup vlhkosti 38 000 g/m<sup>2</sup> za 24 hod. (Ret je tedy menší, než 6). Oba posuzované materiály se podle vyhodnocených výsledků pohybují v skupině s hodnotou výparného odporu Ret větší, než 20, což je hodnota neuspokojivá.

Během vyhodnocování výsledků měření bylo rovněž zjištěno, že vyhodnocené výsledky měření ČSN 80 0855 jsou neporovnatelné s výsledky měření z přístroje PSM – 2. Jak již bylo řečeno, je tato metoda měření propustnosti vodních par zastaralá a upouští se od ní, neboť jsou výsledky měření z nově vyvinutých přístrojů mnohem rychlejší a přesnější.

V úvodu práce bylo zmíněno, že má jistě každý z nás v paměti nepříjemné pocity, kdy nás před deštěm chránila bunda či plášť, který sice zabránil promoknutí, ale zároveň jsme se pod oděvem propotili a měli pocit, že se nemůžeme nadechnout. Dávno je pryč doba, kdy sportovci oblékali na závody bavlněné spodní triko, další vrstvou byl ručně, v lepším případě strojově pletený svetr a poslední vrstvou, která měla ochránit před nepřízní počasí, byla šustáková bunda. Výzkum a vývoj nových materiálů neustále pokračuje.

Současný trh nabízí výrobky v opravdu vysoké kvalitě. Proto si dovolím na úplný závěr této diplomové práce zmínit jedno norské přísloví, které říká: "Neexistuje špatné počasí, jen špatné oblečení".

## 21. Použitá literatura

- [1] HES, L.; SLUKA, P.: *Úvod do komfortu textilií*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [2] RŮŽIČKOVÁ, D. : *Oděvní materiály*. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. 221 s. ISBN 80-7083-682-2
- [3] FOGIEL, M. at all: *The heat transfer problem solver*, Research Education Association, ISBN 0-87891-557-5, New Jersey, 1999
- [4] *Sympatex* [online]. 2011 [citováno 10. 02. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.sympatex.com> Accessed: 2007-10-30>
- [5] ŠESTÁK, J.; RIEGER, F. : *Přenos hybnosti, tepla a hmoty*, ČVUT, Praha, 2005
- [6] *Vrstvení oděvů* [online]. 2011 [citováno 12. 03. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.ft.tul.cz/depart/kde/studium/predmety>>
- [7] *Obrázek Vrstvení oděvů* [online]. 2011 [citováno 12. 03. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.humi.cz> >
- [8] *Gore-tex* [online]. 2011 [citováno 12. 03. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.gore-tex.cz>>
- [9] *Sympatex* [online]. 2011 [citováno 12. 03. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sympatex> >
- [10] *Oděvní klima* [online]. 2011 [citováno 04. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://skripta.ft.tul.cz>>
- [11] *Prostup tepla* [online]. 2011 [citováno 04. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.kod.tul.predmety/Om>>
- [12] *Způsoby hodnocení fyziologických vlastností* [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.kht.tul.cz>>
- [13] *Tepelní manekýni* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.kod.tul.predmety/Om>>
- [14] ČSN EN 31092 (800819): Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení

vyhřívanou destičkou), (ISO 11092: 1993). Praha: Český normalizační institut, 1996.

[15] *Tepelný manekýn Hugo* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.fs.vsb.cz> >

[16] *Tepelný manekýn Ipems* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.mtnw-usa.com/measurement-expertise/blog/tag/ipems>>

[17] *Tepelný manekýn Nemo, Newton, Simon* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.mtnw-usa.com/measurement-expertise/blog/tag/thermal-mannequin>>

[18] *Tepelný manekýn novorozeně* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.jap.physiology.org/content/93/4/1275.full> >

[19] *Současné trendy v měření fyziologických vlastností* [online]. 2011 [citováno 16. 04. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.kod.tul.predmety/Om>>

[20] *Stanovení jednotky Ret, klasifikace v jednotkách Ret* [online]. 2011 [citováno 27. 06. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.highpoint.cz/slovník/ret> >

[21] *Prodyšnost, paropropustnost, vysvětlení pojmů* [online]. 2011 [citováno 27. 06. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.highpoint.cz/slovník-pojmu>>

[22] *Přístroj na zjišťování propustnosti vzduchu SDL M 021 S, Přístroj pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám PSM-2, Přístroj Tloušťkoměr SDL M 034 A* [online]. 2011 [citováno 18. 09. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.krakatice.kod.tul.cz.>>

[23] ČSN (800855): *Textilie – zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

[24] *Dermizac* [online]. 2011 [citováno 10. 10. 2011]. Dostupné z WWW:<<http://www.harfasport.cz/zpravodaj-clanek-10-12-1.>>

## Seznam obrázků

*Obr. 1 Ukázka jednotlivých vrstev ve sportovním oděvu*

*Obr. 2 Prostup vlhkosti směrem od pokožky organismu a znázornění funkce ochranné vrstvy oděvu*

Obr. 3 Příklad oděvu první vrstvy  
 Obr. 4 Tvarovaná vlákna  
 Obr. 5 Dámská fleecová bunda  
 Obr. 6 Dámská lehká softshellová bunda  
 Obr. 7 Technická bunda do nejnáročnějších podmínek  
 Obr. 8 Tkanina z mikro-vláknenných multifilů  
 Obr. 9 Ukázka membrány Sympatex  
 Obr. 10 Z- liner  
 Obr. 11 Laminát: vrchový materiál + membrána Laminát: podšívka + membrána  
 Obr. 12 Trojvrstvý laminát  
 Obr. 13 Oděvní mezivrstva  
 Obr. 14 Schéma ztráty tepla vedením  
 Obr. 15 Schéma ztráty tepla prouděním  
 Obr. 16 Schéma ztráty tepla odpařováním  
 Obr. 17 Odvod vlhkosti- neoblečený organizmus  
 Obr. 18 Kapilární odvod vlhkosti  
 Obr. 19 Difúzní odvod vlhkosti  
 Obr. 22 Přístroj Permetest  
 Obr. 21 Přístroj Alambeta  
 Obr. 22 Skin model  
 Obr. 23 Potící se torzo  
 Obr. 24 Termální manekýn Adam  
 Obr. 25 Infračervený obraz člověka (vlevo) a termálního manekýna Adama  
 Obr. 26 Manekýn COPPELIUS  
 Obr. 27 Manekýna BTM  
 Obr. 28 Model dolní končetiny  
 Obr. 29 Model horní končetiny  
 Obr. 30 Testování rukavic  
 Obr. 31 Model hlavy  
 Obr. 32 Model batolete  
 Obr. 33 Termální manekýn Hugo  
 Obr. 34 Manekýn IPEMS  
 Obr. 35 Tepelný manekýn Newton  
 Obr. 36 Tepelný manekýn Simon  
 Obr. 37 Tepelný manekýn novorozence  
 Obr. 38 Počítačového modelování fyziologického komfortu  
 Obr. 39 Počítačového modelování fyziologického komfortu  
 Obr. 40 Materiál Moira- zobrazení lícové a rubové strany  
 Obr. 41 Materiál Fleece- zobrazení lícové a rubové strany  
 Obr. 42 Dvouvrstvý laminát s membránou Sympatex - zobrazení lícové a rubové strany  
 Obr. 43 Třívrstvý laminát softshell - zobrazení lícové a rubové strany  
 Obr. 44 Přístroj na měření propustnosti vzduchu SDL M 021 S  
 Obr. 45 Přístroj na měření propustnosti vzduchu SDL M 021 S - upínací čelist  
 Obr. 46 Přídavné digitální měřidlo Almemo

Obr. 47 Přístroj pro měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám PSM-2  
 Obr. 48 PSM - 2 (Physiological skin model)  
 Obr. 49 PSM-2 - hlavní měřicí jednotka  
 Obr. 50 PSM-2 - tepelný chránič  
 Obr. 51 PSM-2 - zkušební prostor  
 Obr. 52 PSM-2 - rámeček  
 Obr. 53 PSM-2 - umístění vzorku  
 Obr. 54 PSM-2 – kryt  
 Obr. 55 Klimatizační skříň  
 Obr. 56 Analytické váhy  
 Obr. 57 Exilátor  
 Obr. 58 Zkušební miska  
 Obr. 59 Sušárna  
 Obr. 60 Zavičkované misky v exilátoru po vyjmutí ze sušárny  
 Obr. 61 Upnuté vzorky v 5 miskách  
 Obr. 62 SDL M034 A - Tloušťkoměr  
 Obr. 63 SDL M034 A - Tloušťkoměr - přitlačná čelist a základna  
 Obr. 64 SDL M034 A - Tloušťkoměr -digitální snímač  
 Obr. 65 SDL M034 A - Tloušťkoměr - umístění vzorku  
 Obr. 66 SDL M034 A - Tloušťkoměr - dvoupolohový ovladač  
 Obr. 67 SDL M034 A - Tloušťkoměr - přepínač rychlosti

## Seznam tabulek

Tab. 1 Charakteristika materiálu Moira  
 Tab. 2 Charakteristika materiálu Fleece  
 Tab. 3 Charakteristika dvouvrstvého laminátu s membránou Sympatex  
 Tab. 4 Charakteristika třívrstvého laminátu Softshell  
 Tab. 5 Pokles prodyšnosti v závislosti na vzrůstající teplotě a relativní vlhkosti vzduchu  
 Tab. 6 Klasifikace prodyšnosti látek v jednotkách Ret  
 Tab. 7 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A  
 Tab. 8 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A- po skončení zkoušky  
 Tab. 9 Nabídka menu digitálního tloušťkoměru SDL M 034 A – vložení požadovaných informací  
 Tab. 10 Naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S  
 Tab. 11 Statisticky vyhodnocené výsledky měření  
 Tab. 12 Naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S  
 Tab. 13 Statisticky vyhodnocené výsledky měření  
 Tab. 14 Naměřené hodnoty výparného odporu na přístroji PSM-2  
 Tab. 15 Statisticky vyhodnocené výsledky měření  
 Tab. 16 Naměřené hodnoty výparného odporu na přístroji PSM-2  
 Tab. 17 Statisticky vyhodnocené výsledky měření  
 Tab. 18 Navážené hodnoty misek v jednotlivých fázích experimentu  
 Tab. 19 Statisticky vyhodnocené výsledky měření  
 Tab. 20 Statisticky vyhodnocené výsledky měření



*Tab. 21 Navážené hodnoty misek v jednotlivých fázích experimentu*  
*Tab. 22 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 23 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 24 Naměřené hodnoty tepelného odporu na přístroji PSM-2*  
*Tab. 25 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 26 Naměřené hodnoty tepelného odporu na přístroji PSM-2*  
*Tab. 27 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 28 Naměřené hodnoty tloušťky na přístroji SDL M 034 A*  
*Tab. 29 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 30 Naměřené hodnoty tloušťky na přístroji SDL M 034 A*  
*Tab. 31 Statisticky vyhodnocené výsledky měření*  
*Tab. 32 Porovnání průměrných hodnot z měření prodyšnosti*  
*Tab. 33 Porovnání průměrných hodnot z měření výparného odporu*  
*Tab. 34 Porovnání průměrných hodnot z měření tepelného odporu*  
*Tab. 35 Porovnání průměrných hodnot z měření tloušťky*  
*Tab. 36 Průměrné hodnoty měření*  
*Tab. 37 Hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  naměřené na přístroji PSM- 2*  
*Tab. 38 Hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  naměřené na přístroji PSM- 2*  
*Tab. 39 Výsledné porovnání paropropustnosti*  
*Tab. 40 Barevné vyjádření všech vyhodnocených porovnání*

## **Seznam grafů**

*Graf 1 Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*  
*Graf 2 Měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S*  
*Graf 3 Měření výparného odporu na přístroji PSM-2*  
*Graf 4 Měření výparného odporu na přístroji PSM-2*  
*Graf 5 Grafické zobrazení vážení*  
*Graf 6 Grafické vyjádření rozdílu vážení*  
*Graf 7 Grafické zobrazení vážení*  
*Graf 8 Grafické vyjádření rozdílu vážení*  
*Graf 9 Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2*  
*Graf 10 Měření tepelného odporu na přístroji PSM-2*  
*Graf 11 Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A*  
*Graf 12 Měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A*  
*Graf 13 Porovnání průměrných hodnot z měření prodyšnosti*  
*Graf 14 Porovnání průměrných hodnot z měření výparného odporu*  
*Graf 15 Porovnání průměrných hodnot z měření tepelného odporu*  
*Graf 16 Porovnání průměrných hodnot z měření tloušťky*  
*Graf 17 Porovnání výsledků měření podle průměrných hodnot měření*

## Příloha 1

Příloha nabízí náhled do protokolů z měření v laboratořích Technické univerzity v Liberci.

### Protokol měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S:

Datum provedení zkoušky	27. 10. 2011
Identifikace vzorku	Třívrstvá sendvičová struktura s membránou Sympatex, Fleece, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>20,6 [ml.s<sup>-1</sup>]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>12,9 %</b>

### Protokol měření prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S:

Datum provedení zkoušky	27. 10. 2011
Identifikace vzorku	Softshell, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>5,45 [ml.s<sup>-1</sup>]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>11,9%</b>

### Protokol měření výparného odporu na přístroji PSM-2:

Datum provedení zkoušky	20. 10. 2011 21. 10. 2011
Teplota a vlhkost v laboratoři	Teplota 20 °C Vlhkost 65%
Identifikace vzorku	Třívrstvá sendvičová struktura s membránou Sympatex, Fleece, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Nastavené technické parametry přístroje (např. teplotní rozdíl)	$T_m = 35,00\text{ °C}$ $T_s = 35,00\text{ °C}$ $T_a = 35,00\text{ °C}$
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>23,68 Ret [m<sup>2</sup>.Pa.W<sup>-1</sup>]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>3,17%</b>

### Protokol měření výparného odporu na přístroji PSM-2:

Datum provedení zkoušky	20. 10. 2011 21. 10. 2011
Teplota a vlhkost v laboratoři	Teplota 20 °C Vlhkost 65%
Identifikace vzorku	Softshell, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Nastavené technické parametry přístroje (např. teplotní rozdíl)	$T_m = 35,00\text{ °C}$ $T_s = 35,00\text{ °C}$ $T_a = 35,00\text{ °C}$
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0

Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>22,92 Ret [m².Pa.W⁻¹]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>7,42%</b>

### **Protokol měření tepelného odporu na přístroji PSM-2:**

Datum provedení zkoušky	18. 10. 2011 19. 10. 2011
Teplota a vlhkost v laboratoři	Teplota 20 °C Vlhkost 65%
Identifikace vzorku	Třívrstvá sendvičová struktura s membránou Sympatex, Fleece, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Nastavené technické parametry přístroje (např. teplotní rozdíl)	T <sub>m</sub> = 35,00 °C T <sub>s</sub> = 35,00 °C T <sub>a</sub> = 35,00 °C
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>0,11 Rct [m².K.W⁻¹]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>27,3%</b>

### **Protokol měření tepelného odporu na přístroji PSM-2:**

Datum provedení zkoušky	18. 10. 2011 19. 10. 2011
Teplota a vlhkost v laboratoři	Teplota 20 °C Vlhkost 65%
Identifikace vzorku	Softshell, Moira
Orientace vzorku při měření (rub nebo líc)	rub
Nastavené technické parametry přístroje (např. teplotní rozdíl)	T <sub>m</sub> = 35,00 °C T <sub>s</sub> = 35,00 °C

	Ta = 35,00 °C
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>0,058 Rct [m².K.W⁻¹]</b>
Variační koeficient v procentech	<b>3,45 %</b>

#### Protokol měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A:

Datum provedení zkoušky	27. 10. 2011
Identifikace vzorku	Třívrstvá sendvičová struktura s membránou Sympatex, Fleece, Moira
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
<b>Průměrné hodnoty</b> jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>5,40mm</b>
<b>Variační koeficient</b> v procentech	<b>1,88%</b>

#### Protokol měření tloušťky na přístroji SDL M 034 A:

Datum provedení zkoušky	27. 10. 2011
Identifikace vzorku	Softshell, Moira
Počet měření	10
Odchyly od běžného postupu měření	0
Průměrné hodnoty jednotlivých měřených vlastností příslušných jednotkách	<b>3,38mm</b>

Variační koeficient v procentech	<b>5,97%</b>
----------------------------------	--------------